

Sistem Kontrol Suhu Pada Destilator Untuk Mengukur Kadar Air Limbah Pabrik Udang Berbasis Arduino

Mahindra Abhiyaksa^{**1}, Adi Mulyadi², Widhi Winata Sakti³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi, 68416, Indonesia

¹ mahindraabhiyaksa@gmail.com, ² adimulyadi@unibabwi.ac.id, ³ wedexyz@gmail.com

****Corresponding Author:** mahindraabhiyaksa@gmail.com



Cite: <https://doi.org/10.63440/jef.v2i1.119>



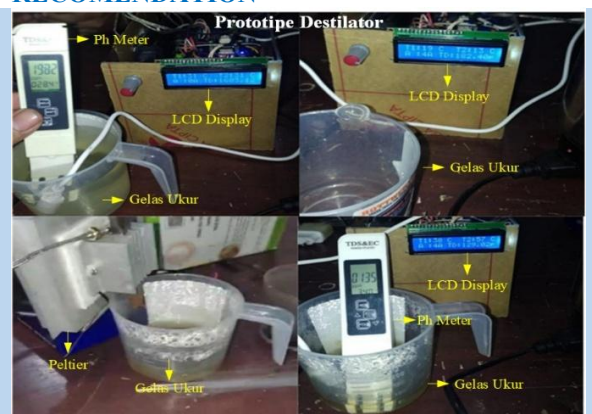
Read Online

ACCESS

Abstract: This paper discusses the design and temperature control system for shrimp factory wastewater distillation. During the distillation process, wastewater is heated to condense and separate the resulting water vapor. Therefore, a temperature control system is proposed to ensure efficiency. The effectiveness of temperature control in the distillation process is assessed based on changes in temperature. Changes in initial and final temperatures were observed in the distillation process using 50ml-250ml samples and a temperature variation of 34°C–101°C.

Test results showed that a 50ml sample reached a maximum temperature of 82°C, producing 9ml of condensate. A 100ml sample, with a maximum temperature of 84°C, produced 19ml of condensate. A 150ml with a maximum temperature of 92°C. Producing 60 ml of condensate, the 200 ml sample reached a maximum temperature of 85°C, producing 60 ml of condensate, and the 250 ml sample reached a maximum temperature of 101°C, producing 60 ml of condensate. The initial TDS value for the 50–250 ml samples remained constant at 1,683 ppm. After distillation, the TDS values for each sample were 319 ppm for the 50 ml sample, 671 ppm for the 100 ml sample, 93 ppm for the 150 ml sample, 86 ppm for the 200 ml sample, and 129 ppm for the 250 ml sample. The contribution of the research is that the control system can reduce the impact of waste on industry by regulating the temperature on the Peltier.

RECOMENDATION



Keyword: Control Design, Distilator, Temperature, Wastewater, TDS Sensor

Article Info

Recieved
October 03, 2025

Revised
October 08, 2025

Accepted
October 15, 2025

Published
October 22, 2025



1. PENDAHULUAN

Limbah pabrik udang terdiri dari limbah cair dan padat yang masing-masing memiliki kandungan bahan kimia dan organik yang cukup tinggi [1]. *Total Dissolved Solids* (TDS) merupakan parameter utama yang digunakan untuk menggambarkan kualitas air limbah, karena mencakup zat organik dan anorganik yang terlarut di dalam air, termasuk garam, logam berat, polutan organik, dan berbagai senyawa lain dari limbah domestik, industri, maupun pertanian [2]. Menurut beberapa penelitian terbaru, TDS pada air limbah biasanya berkisar antara ratusan hingga ribuan mg/L, bergantung pada sumber dan karakteristik limbah [3]. Misalnya, hasil studi pada air limbah industri gula menunjukkan kadar TDS mencapai 1.000,0mg/L, sementara air limbah industri lainnya tercatat 1.548,3mg/L bahkan hingga 1.989mg/L. Beberapa studi juga melaporkan kisaran kadar TDS di sungai yang menerima limbah domestik maupun industri berkisar antara 63 hingga 2.815mg/L, menunjukkan adanya variasi akibat pengaruh limbah yang dibuang ke badan air [4].

Standar kadar Total Dissolved Solids (TDS) pada limbah industri di Indonesia umumnya ditetapkan maksimal sebesar 2.000 mg/L [5]. Standar ini merujuk pada Standar Nasional Indonesia 06-6989.27-2005 dan diperkuat oleh Peraturan Menteri LHK No.5 Tahun 2021, serta peraturan daerah yang berlaku. Baku mutu tersebut bertujuan untuk mengontrol kandungan zat terlarut dalam limbah cair agar tidak merusak kualitas lingkungan dan ekosistem perairan. Kadar TDS yang tinggi dalam limbah industri dapat menyebabkan peningkatan salinitas air, toksisitas bagi organisme akuatik, dan gangguan pada peralatan industri serta sistem pengolahan air. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa banyak limbah industri memiliki kadar TDS yang mendekati atau bahkan melebihi batas tersebut, misalnya nilai TDS yang ditemukan berkisar antara 1.100 hingga 2.130 mg/L [6].

Secara regulasi, pengawasan baku mutu TDS ini sangat penting untuk menjaga agar limbah yang dibuang tidak mencemari badan air penerima dan tetap aman bagi keberlanjutan lingkungan serta kesehatan masyarakat. Dengan kontrol TDS yang ketat, diharapkan limbah industri tidak menyebabkan kerusakan ekosistem perairan seperti penurunan kualitas air, kematian massa organisme, dan gangguan keseimbangan ekologi. Pengelolaan dan pemantauan kadar TDS secara rutin diperlukan agar industri dapat menjalankan kegiatan produksi yang berwawasan lingkungan sesuai regulasi terbaru [7].

Metode destilasi terbukti lebih efektif dalam mereduksi kadar *Total Dissolved Solids* (TDS) dan *Total Suspended Solids* (TSS). Hasilnya menunjukkan bahwa kadar TDS menurun sebesar 81,73% dan TSS hingga 97,7% setelah proses destilasi [8]. Keunggulan destilasi terletak pada kemampuannya untuk menghasilkan air yang lebih bersih dan memenuhi standar baku mutu air limbah. Suhu memainkan peran penting dalam proses destilasi, mempengaruhi efisiensi dan kualitas produk yang dihasilkan. Peningkatan suhu destilasi secara signifikan meningkatkan volume aquades yang dihasilkan. Hasil menunjukkan bahwa pada suhu 145 °C, efisiensi tertinggi tercapai, yaitu 51,30%, dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah seperti 105 °C dan 125 °C. Suhu yang lebih tinggi meningkatkan energi kinetik molekul dalam campuran, mempercepat proses penguapan komponen yang lebih volatil [9]. Sistem kontrol dalam proses destilasi sangat penting untuk memastikan efisiensi. Pengendalian suhu merupakan salah satu aspek krusial karena suhu yang tidak stabil dapat mempengaruhi hasil pemisahan komponen.[10].

Kontrol suhu pada destilasi dapat dilakukan menggunakan sensor suhu seperti termokopel tipe K dengan memanfaatkan prinsip efek termoelektrik dengan dua logam berbeda (kromel

dan alumel) yang menghasilkan tegangan proporsional terhadap perbedaan suhu [11]. Sensor ini mampu mengukur rentang suhu ekstrem dari 200°C hingga 1250°C, menjadikannya ideal untuk aplikasi industri seperti furnace pembakaran baja dan heat treatment [12]. Studi pada tahun 2021 menunjukkan implementasi termokopel tipe K dengan sistem Arduino Uno mampu mencapai akurasi 99,77% pada rentang 39,91–89,69°C, meskipun terdapat error maksimal 2°C pada suhu tinggi. Penelitian tahun 2024 pada furnace industri membuktikan ketepatan pengukuran di tiga zona dengan hasil 746,7°C (zona 1), 937,0°C (zona 2A), dan 877,4°C (zona 2B), didukung response cepat (<1 detik) terhadap fluktuasi suhu. Dalam aplikasi heat treatment, sensor ini berhasil memantau suhu tungku hingga 600°C dengan waktu respons 5 menit menggunakan bahan bakar arang, sekaligus mengoptimalkan proses tempering logam [13]. Kalibrasi berkala diperlukan untuk mempertahankan akurasi [14].

Rentang suhu operasi kondensor destilasi berada pada 280C – 350C [15]. Sementara, suhu operasi kondensor berpengaruh secara langsung terhadap perubahan fasa uap ke cair, hal ini menunjukkan bahwa stabilitas suhu kondensor menjadi aspek penting yang harus dikontrol. Pemanfaatan teknologi peltier diduga dapat menjadi solusi untuk meningkatkan performa proses destilasi. Elemen Peltier bekerja berdasarkan prinsip efek termoelektrik [16]. Ketika arus searah (DC) dialirkan melalui elemen ini, terjadi perpindahan kalor dari satu sisi ke sisi lainnya: salah satu permukaan menjadi dingin (menyerap panas) sementara sisi berlawanan memanaskan (melepas kalor). Fenomena ini terjadi karena pergerakan elektron antara material semikonduktor tipe-P dan tipe-N yang tersusun dalam struktur berlapis keramik [17]. kinerja sistem pendingin Peltier sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk desain termal, manajemen energi, dan karakteristik beban pendinginan [18].

Penelitian lain menggunakan empat unit peltier TEC1-12706 dalam sebuah kotak pendingin yang diisolasi dengan triplek, styrofoam, stainless steel, dan aluminium foil, suhu minimum yang dapat dicapai untuk menjaga kesegaran sayur dan buah adalah 17,324°C, dengan suhu rata-rata selama pengujian sekitar 22°C. Perbedaan temperatur di dalam kotak pendingin dan udara luar berkisar antara 14°C hingga 17°C, menunjukkan adanya efek pendinginan [19]. Faktor-faktor seperti perubahan temperatur udara luar, kinerja kipas pendingin, dan suplai energi dari baterai juga mempengaruhi fluktuasi temperatur di dalam kotak pendingin. Oleh karena itu, desain sistem pendingin peltier harus mempertimbangkan manajemen termal yang baik, termasuk penggunaan heatsink dan kipas yang efisien, serta pengaturan energi yang optimal untuk mencapai kapasitas pendinginan yang diinginkan [20].

Kontrol kualitas air menggunakan sensor *Total Dissolved Solids* (TDS) dari tahun 2021 hingga sekarang menunjukkan kemajuan signifikan dalam pemantauan kualitas air. Salah satu penelitian yang dilakukan pada tahun 2021 mengembangkan sistem monitoring TDS untuk air boiler di pabrik kelapa sawit menggunakan sensor TDS dan Arduino. Sistem ini berhasil mengukur nilai TDS secara *real-time* dengan akurasi tinggi, menghasilkan rata-rata pengukuran sekitar 2136,5 ppm dan error maksimal sebesar 2,86% dibandingkan dengan alat ukur konvensional [21]. Sensor TDS bekerja dengan mengukur konduktivitas listrik larutan data konduktivitas diubah menjadi nilai TDS menggunakan faktor konversi yang sesuai [22].

Dalam proses destilasi, air limbah dipanaskan sehingga uap air yang terbentuk dikondensasikan dan dipisahkan. Sistem kontrol dalam proses destilasi sangat penting untuk memastikan efisiensi. Pengendalian suhu merupakan salah satu aspek krusial karena suhu yang tidak stabil dapat mempengaruhi hasil pemisahan komponen. Kontrol suhu pada destilasi dapat dilakukan menggunakan sensor suhu seperti termokopel tipe K. Keunggulan

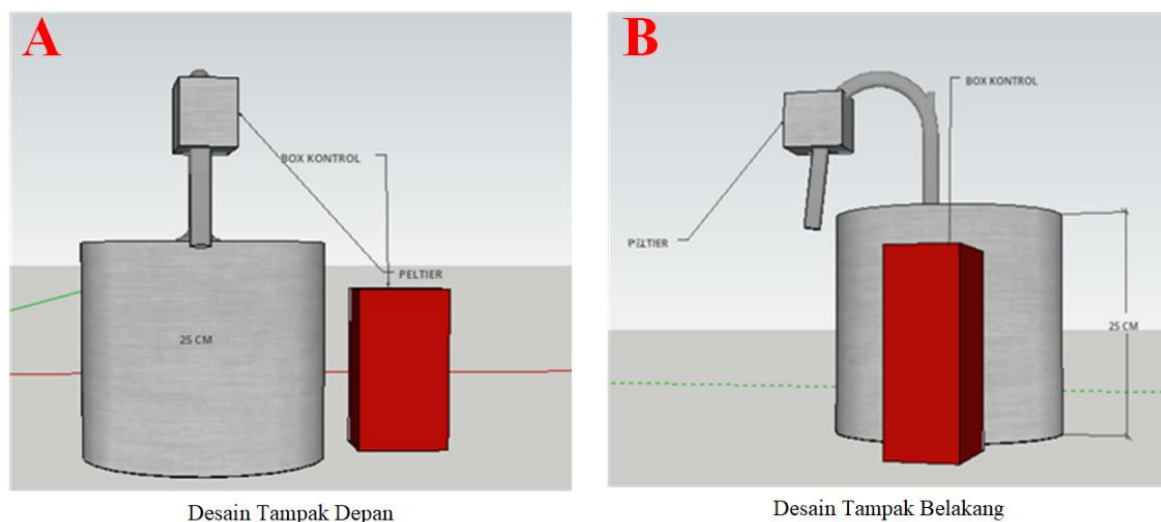
utama termokopel tipe K terletak pada ketahanannya terhadap lingkungan ekstrem, Kondensasi pada metode destilasi limbah cair memiliki rentang suhu $28^{\circ}\text{--}35^{\circ}\text{C}$ [15]. Optimalisasi proses kondensasi dengan pemanfaatan teknologi peltier diduga dapat menjadi solusi untuk meningkatkan performa proses destilasi, serta kontrol kualitas air menggunakan sensor TDS. Proses destilasi pada penelitian ini menggunakan pengkondisian suhu pada proses destilasi menggunakan kontrol suhu berbasis arduino, serta untuk mengetahui pengaruh perbedaan TDS pada proses destilasi menggunakan sensor TDS, kondisi pendinginan menyesuaikan suhu lingkungan dan arus menggunakan peltier dapat dikontrol menggunakan kontrol arduino. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat destilator, mengontrol suhu kondensasi, serta mengukur kadar air limbah menggunakan sensor TDS digital dan TDS manual berdasarkan hasil destilasi limbah cair pabrik udang.

Kontribusi penelitian adalah sistem kontrol dapat mengurangi dampak limbah bagi industri dengan pengaturan suhu pada peltier. Semakin besar volume sampel, kebutuhan energi untuk menaikkan suhu juga meningkat, menyebabkan waktu dan laju kenaikan suhu menjadi lebih lambat karena massa yang lebih besar menyerap panas lebih banyak sebelum mencapai suhu target.

2. METODE

a. Desain Destilator

Desain destilator ditunjukkan pada gambar 1 dengan proses sistem destilasi menggunakan kontrol suhu Arduino. Proses dimulai dengan kalibrasi sensor suhu dan sensor air TDS. Kalibrasi ini berfungsi untuk memantau kondisi limbah setelah proses didestilasi. Kemudian, perancangan sistem kontrol sebagai pengujian driver peltier, pengambilan data suhu dan TDS pada kondisi sampel 50-250ml. Data sensor diolah menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman yang digunakan untuk mengatur suhu dan kontrol sensor peltier berdasarkan data yang diterima dari sensor. Setelah program dijalankan pada Arduino, hasil pengolahan data tersebut diaplikasikan pada alat destilator, sehingga sistem dapat bekerja sesuai parameter yang telah ditentukan. Dengan demikian, proses destilasi menjadi lebih efisien dan terkontrol berkat integrasi sensor, Arduino, dan alat destilator.

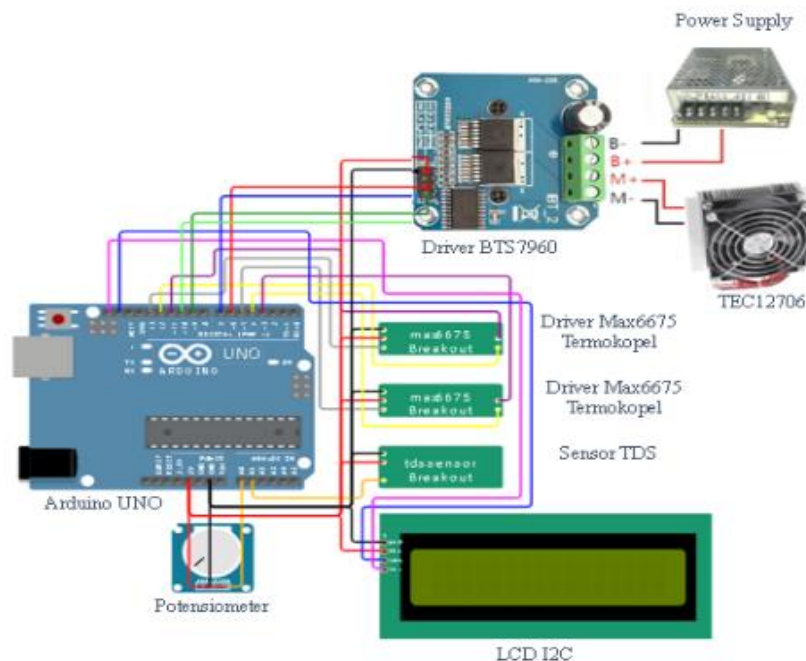


Gambar 1. Desain Penelitian

b. Desain Sistem Kontrol

Desain sistem kontrol menggunakan arduino untuk memfungsikan sensor suhu, sensor TDS, dan driver motor BTS7960, driver BTS7960 akan mengatur arus pada peltier

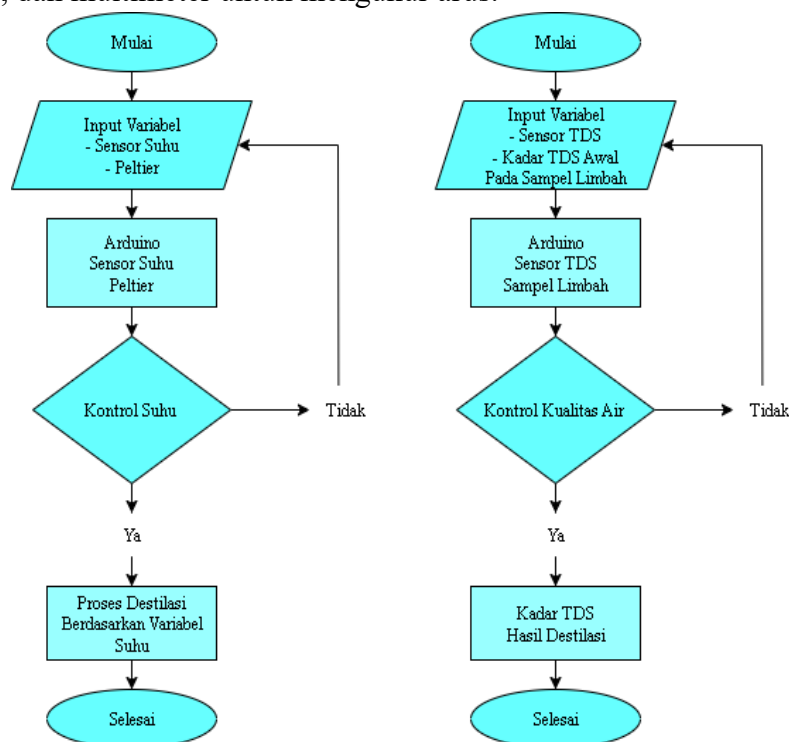
berdasarkan nilai PWM, nilai sinyal pwm pada arduino diatur menggunakan variabel resistor (Potensiometer). Fungsi power supply adalah memberikan input berupa arus yang akan dikontrol menggunakan driver BTS7960, sehingga arus pada TEC peltier dapat disesuaikan.



Gambar 2. Desain Sistem Kontrol

c. *Flowchart Penelitian*

Instrumen penelitian merupakan aspek dalam teknik pengumpulan data. Alat bantu yang digunakan dalam metode pengambilan data untuk menganalisa hasil penelitian yang dilakukan pada prosedur penelitian ilmiah selanjutnya untuk mendapatkan hasil antara reaksi variabel bebas terhadap variabel terikat instrumen yang digunakan berupa kalibrator sensor suhu dan TDS, dan multimeter untuk mengukur arus.



Gambar 3. Flowchart Sistem.

d. Suhu Air Limbah

Suhu merupakan ukuran panas atau dinginnya air limbah dan parameter yang sangat penting dikarenakan reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari. Suhu mempengaruhi kadar Dissolved Oxygen (DO) dalam air. Kenaikan temperatur sebesar 10°C dapat menyebabkan turunnya kadar oksigen. Kenaikan suhu sebesar 10% akan mempercepat metabolisme 2 kali lipat. Suhu pada sampel diukur menggunakan metode pengukuran awal dan akhir kemudian akan disesuaikan dengan faktor koreksi.

e. TDS Air Limbah

Perhitungan kadar padatan terlarut total atau Total Dissolved Solid (TDS) rumus kadar padatan terlarut total.

$$TDS \text{ [mg/L]} = k_e \times EC \text{ [\mu S/cm]} \quad (1)$$

Keterangan:

k_e = adalah faktor konversi (pengali)

EC = konduktivitas listrik dalam satuan $\mu\text{S/cm}$ pada suhu 25°C.

f. Tegangan dan Arus Peltier

Perhitungan tegangan dan arus peltier air limbah cair digunakan untuk mengetahui kondisi proses destilasi otomatis. Persamaan dalam menghitung tegangan dan arus dijelaskan pada persamaan berikut.

$$V = I \cdot R \quad (2)$$

$$I = \frac{V}{R} \quad (3)$$

Keterangan:

I = Arus peltier (A)

V = Tegangan peltier (V)

R = Hambatan (Ω)

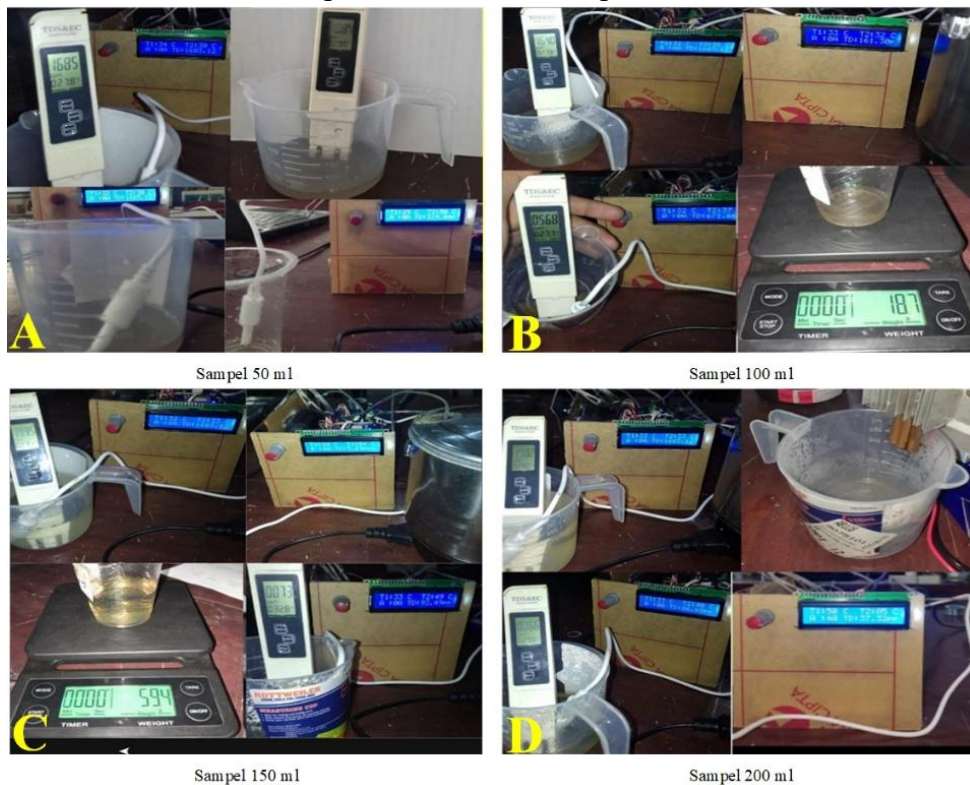
3. HASIL

a. Hasil Pengujian Sampel

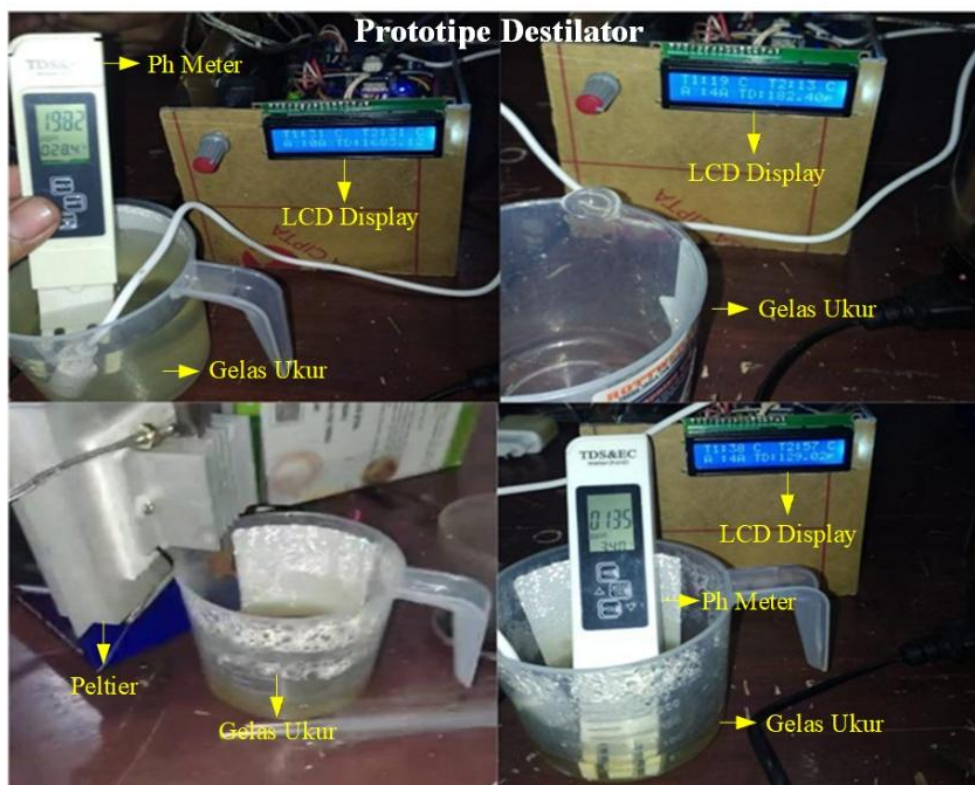
Setelah proses perakitan box kontrol diselesaikan kemudian dilanjutkan dengan proses pengambilan data menggunakan variabel volume, *volume* untuk pengambilan data bervariasi dari 50 – 250ml menggunakan rentang 50 ml. perbandingan nilai pengukuran antara sensor TDS dengan alat instrumen TDS meter memiliki selisih perbandingan yang menggambarkan persentase *error*. Pada gambar 4b pengujian menggunakan sampel 100 ml menunjukkan adanya selisih 43 nilai TDS lebih banyak pada sensor TDS, gambar kedua pada proses pengujian menggambarkan proses destilasi, gambar ketiga menggambarkan proses selisih nilai TDS akhir dimana selisih nilai TDS 103 lebih banyak pada sensor TDS daripada TDS meter, dan gambar keempat merupakan banyaknya jumlah air kondensat yang dihasilkan.

Pada gambar 4c pengujian menggunakan sampel 150ml menunjukkan adanya selisih 312 nilai TDS lebih banyak pada TDS Meter, gambar kedua pada proses pengujian menggambarkan proses destilasi, gambar ketiga merupakan banyaknya jumlah air kondensat yang dihasilkan, dan gambar keempat menggambarkan proses selisih nilai TDS akhir dimana selisih nilai TDS 20 lebih banyak pada sensor TDS daripada TDS meter. Pada gambar 4d pengujian menggunakan sampel 200 ml menunjukkan adanya selisih 219 nilai TDS lebih banyak pada TDS meter, gambar kedua pada proses pengujian menggambarkan proses perubahan dari fase uap ke fasa cair, gambar ketiga menggambarkan proses selisih nilai TDS akhir dimana selisih nilai TDS 20 lebih banyak pada sensor TDS daripada TDS meter, dan gambar keempat merupakan kondisi suhu dalam heater setelah proses destilasi.

Pada gambar pertama pengujian menggunakan sampel 200 ml menunjukkan adanya selisih 299 nilai TDS lebih banyak pada TDS meter, gambar kedua pada proses pengujian menggambarkan proses dimulainya destilasi, gambar ketiga merupakan proses perubahan fasa uap ke fasa cair, dan gambar keempat menggambarkan proses selisih nilai TDS akhir dimana selisih nilai TDS 20 lebih sedikit pada sensor TDS daripada TDS meter.



Gambar 4.a-d. Pengujian Menggunakan Sampel 50-200ml



Gambar 5. Pengujian Sampel Air Limbah 250 ml

Pada proses pengujian dengan beberapa variasi nilai sampel didapatkan beberapa nilai suhu, TDS, waktu dan hasil destilasi setelah proses pengujian alat destilator, hasil pengujian alat destilator terdapat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Variasi Sampel Terhadap nilai TDS Dan Waktu

No	Sampel (ml)	TDS awal (Ppm)	TDS Akhir (Ppm)	Waktu (Menit)	Hasil Destilasi (gram)	Hasil Destilasi (ml)
1	50	1683	319	35	9	9
2	100	1683	671	46	19	19
3	150	1683	93	38	60	60
4	200	1683	86	60	60	60
5	250	1683	129	41	60	60

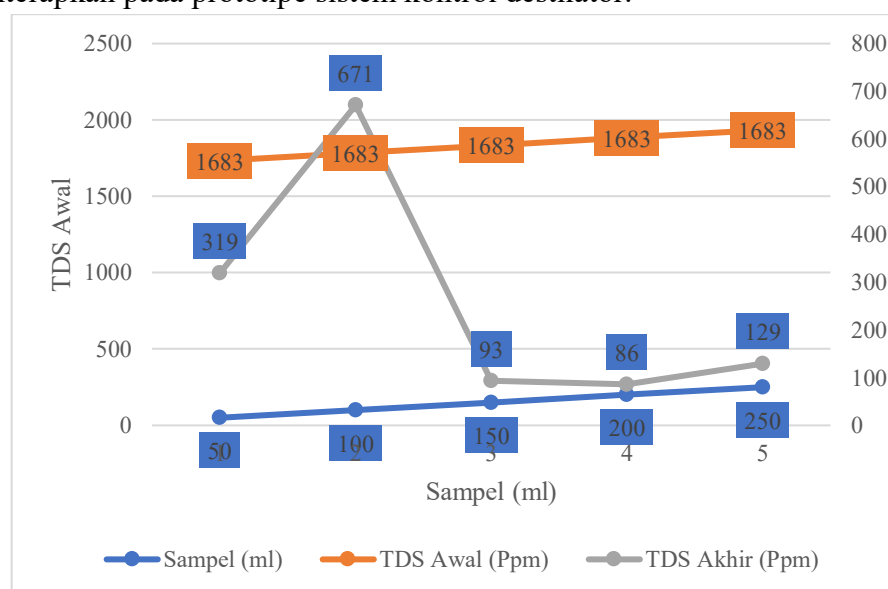
Hasil air kondensat pada proses destilasi pada pengujian dicatat menggunakan satuan gram. Secara umum, untuk air pada suhu dan tekanan standar, konversinya sangat sederhana: 1 gram air setara dengan 1 mililiter (densitas = 1 g/ml).

Tabel 2. Variasi Sampel Terhadap, Suhu Awal, Suhu Akhir, Kondensasi, Hasil Destilasi

No	Sampel (ml)	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Suhu Kondensasi (°C)	Hasil Destilasi (gram)	Hasil Destilasi (ml)
1	50	34	82	23	9	9
2	100	30	84	24	19	19
3	150	33	92	30	60	60
4	200	33	85	41	60	60
5	250	31	101	38	60	60

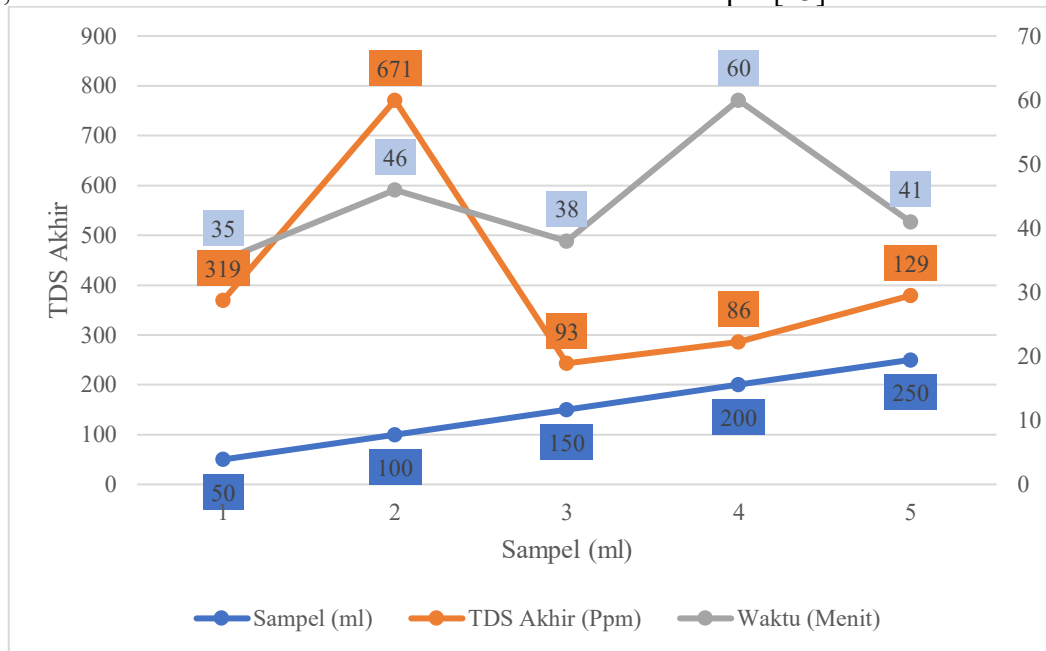
4. PEMBAHASAN

Hasil pengujian sampel terhadap nilai TDS dapat dilihat pada gambar grafik 6. Hasil pengujian sampel terhadap nilai TDS awal dan TDS akhir dengan membandingkan sampel, TDS awal dan TDS akhir. Hal ini digunakan untuk memastikan hasil pengujian pada sensor sebelum diterapkan pada prototipe sistem kontrol destilator.



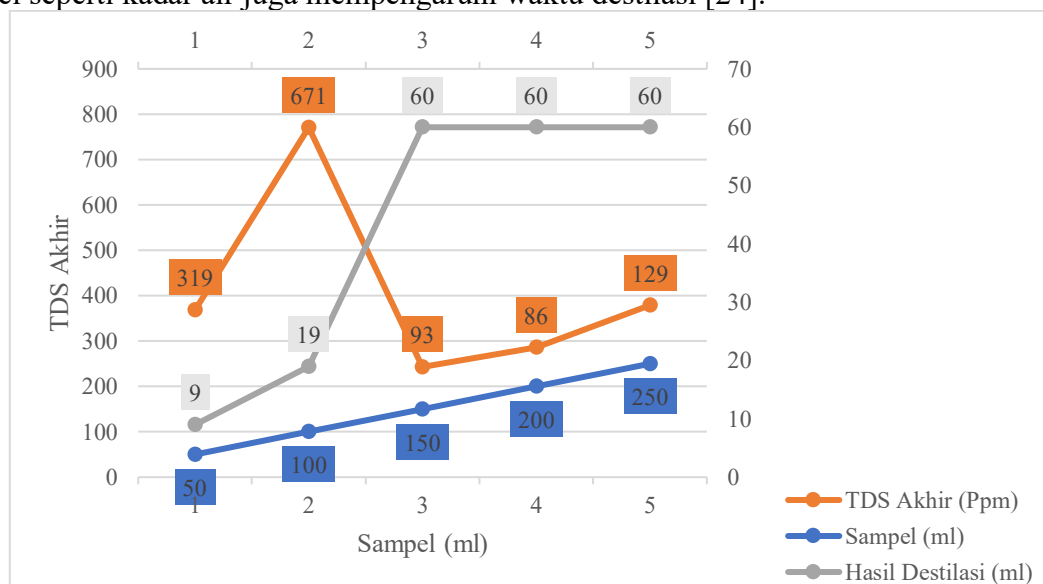
Gambar 6. Grafik Pengaruh Sampel Terhadap Nilai TDS

Pada percobaan menggunakan variasi sampel 50 – 250ml nilai TDS awal memiliki nilai yang konstan dari pembacaan sensor yakni 1863 ppm, Untuk nilai TDS akhir dari pembacaan sensor didapati 319 ppm pada sampel 50ml, 671 ppm pada sampel 100ml, 93ppm pada sampel 150ml, 86 ppm pada sampel 200ml, dan 129ppm pada sampel 250ml. Semakin besar jumlah sampel yang dianalisis dan destilasi, maka nilai TDS yang diukur dapat lebih representatif dan stabil, serta mencerminkan kualitas air hasil destilasi secara tepat [23].



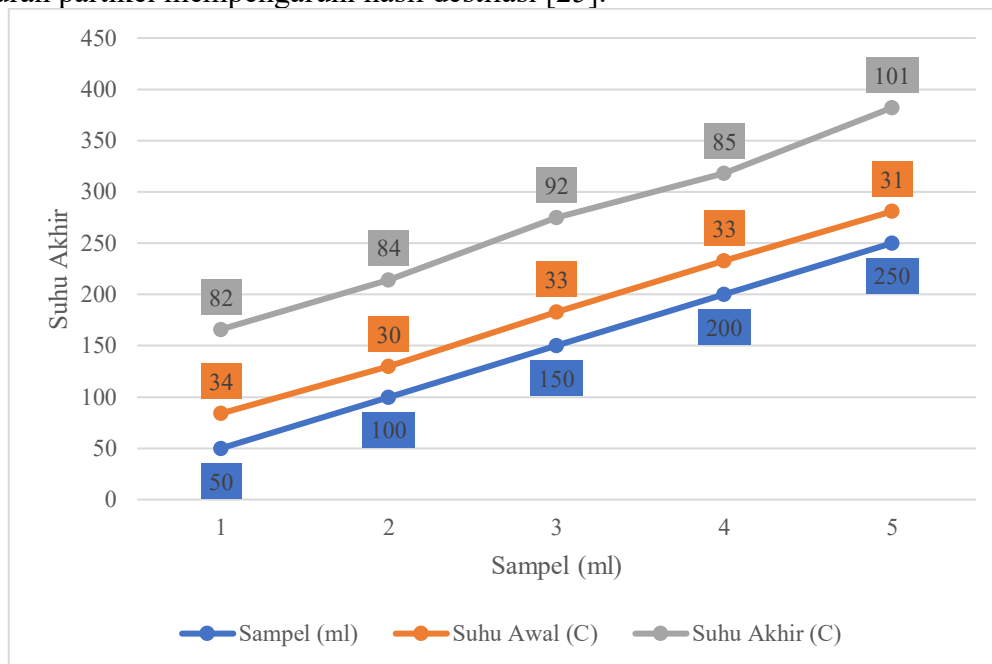
Gambar 7. Grafik Pengaruh Sampel Terhadap Waktu Destilasi.

Variasi sampel pada pengujian mempengaruhi waktu pada proses destilasi dimana pada sampel 50 ml membutuhkan waktu 35 menit, untuk sampel 100 ml membutuhkan waktu 46 menit, sampel 150ml membutuhkan waktu 38 menit, sampel 200 ml membutuhkan waktu 60 menit, dan sampel 250 ml membutuhkan waktu 41 menit, perbedaan lama waktu terhadap sampel dikarenakan oleh faktor dari teknis pelaksanaan uji coba alat. Pengaruh jumlah dan kondisi sampel sangat signifikan terhadap waktu destilasi dalam berbagai proses destilasi. Semakin besar ukuran atau jumlah sampel, umumnya waktu destilasi yang dibutuhkan akan meningkat karena volume bahan yang harus diproses juga lebih banyak. Namun, faktor kondisi sampel seperti kadar air juga mempengaruhi waktu destilasi [24].



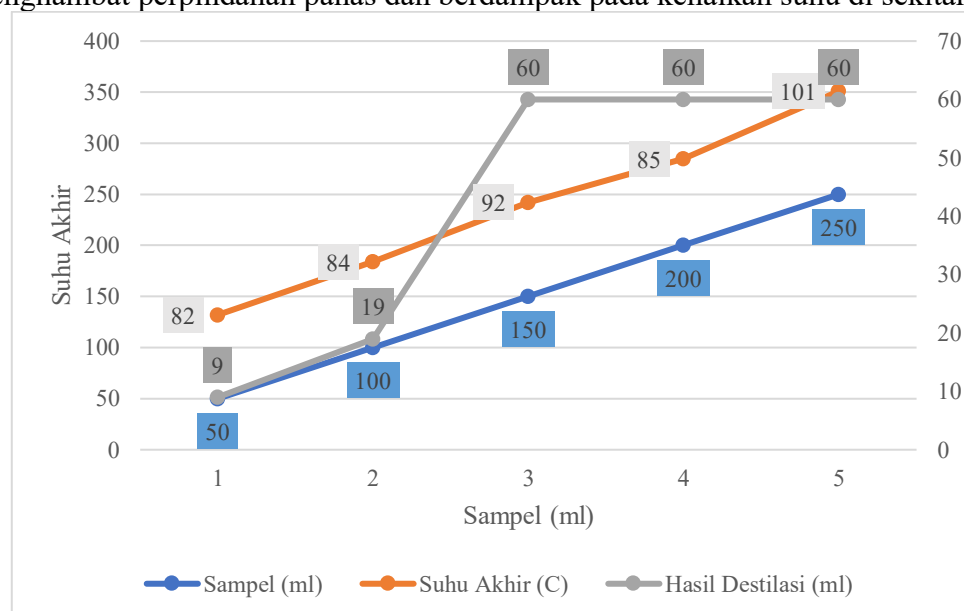
Gambar 8. Grafik Pengaruh Sampel Terhadap Hasil Destilasi.

Variasi sampel pada pengujian mempengaruhi hasil destilasi berupa volume air kondensat, pada sampel 50ml menghasilkan 9ml air kondensat, sampel 100ml menghasilkan 19ml air kondensat, sampel 150ml, 200ml, dan 250 ml menghasilkan 60ml air kondensat. Peningkatan jumlah sampel secara signifikan tidak selalu menghasilkan kondensat yang banyak, karena distribusi panas selama proses destilasi. Selain itu, kualitas dan jenis sampel seperti kadar air dan ukuran partikel mempengaruhi hasil destilasi [25].



Gambar 9. Grafik Pengaruh Sampel Terhadap Nilai Suhu Destilasi

Perubahan suhu awal dan suhu akhir pada proses destilasi juga dipengaruhi oleh volume sampel pengujian serta faktor teknis pengujian dimana pada sampel 50ml suhu awal hingga akhir adalah 34°C – 82°C, sampel 100ml 30°C – 84°C, sampel 150ml 33°C – 92°C, sampel 200ml 33°C – 85°C, dan sampel 250°C 31°C – 101°C. Semakin besar volume sampel, kebutuhan energi untuk menaikkan suhu juga meningkat, menyebabkan waktu dan laju kenaikan suhu menjadi lebih lambat karena massa yang lebih besar menyerap panas lebih banyak sebelum mencapai suhu target [26]. Selain itu, sifat kimia dan fisik sampel, seperti kadar mineral dan air, dapat menyebabkan terbentuknya kerak atau skala pada alat pemanas, yang menghambat perpindahan panas dan berdampak pada kenaikan suhu di sekitar alat [9].



Gambar 10. Grafik Pengaruh Sampel Dan Suhu Akhir Terhadap Hasil Air Kondensat.

Variasi sampel mempengaruhi nilai kondensat pada proses destilasi, pada pengujian dengan sampel 50 ml mencapai suhu tertinggi 82°C menghasilkan air kondensat sebanyak 9ml, sampel 100 ml dengan dengan suhu tertinggi sebesar 84°C menghasilkan air kondensat sebanyak 19 ml, sampel 150ml mencapai suhu tertinggi sebesar 92°C Menghasilkan air kondensat sebanyak 60ml, sampel 200 ml mencapai suhu tertinggi sebesar 85°C menghasilkan air kondensat sebanyak 60ml, dan sampel 250 ml mencapai suhu tertinggi sebesar 101°C menghasilkan air kondensat sebanyak 60ml. Peningkatan suhu destilasi umumnya meningkatkan rendemen hasil karena energi yang lebih tinggi mempercepat penguapan komponen volatil. Namun, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembentukan kerak pada alat pemanas, mengurangi efisiensi perpindahan panas dan menurunkan kualitas destilat [9]. Hasil pengujian sampel terhadap nilai TDS Awal, TDS Akhir, dan Waktu terdapat pada gambar 14.

Jumlah sampel pada pengujian mempengaruhi waktu dalam proses destilasi, nilai TDS awal pada sampel memiliki nilai konstan pada variasi sampel pada saat pengujian, jumlah sampel juga mempengaruhi nilai TDS akhir, perubahan nilai pada TDS akhir juga berkaitan dengan lama waktu pada destilasi. Selisih error pada sensor suhu dengan alat instrumen suhu berkisar, 0,3-0,6 %. Salah satu diantara penyebab utama adalah kualitas dan pemasangan kabel, di mana penggunaan kabel yang salah atau polaritas terbalik dapat menyebabkan pembacaan tidak akurat, respon sensor yang lambat akibat ketebalan kawat atau pelindung tambahan juga dapat menghasilkan selisih, terutama dalam kondisi suhu yang berubah cepat [27].

Konstannya nilai arus awal dan akhir ini juga dikarenakan adanya batasan fisik pada rangkaian dan material, termasuk resistansi listrik modul dan kestabilan suhu kerja yang menyebabkan arus tidak bisa bebas naik atau turun signifikan [28]. Nilai tegangan awal dan tegangan akhir pada elemen Peltier cenderung konstan karena sifat fisik dan karakteristik material dalam modul termoelektrik tersebut. Tegangan awal biasanya merupakan nilai minimum yang muncul pada perbedaan suhu antara sisi panas dan dingin Peltier, yang memicu efek sehingga menghasilkan tegangan listrik. Nilai ini bersifat konstan karena bergantung pada konstanta material dan perbedaan suhu awal yang stabil antar sisi semikonduktor [29].

5. KESIMPULAN

Desain alat destilasi ini berupa heater dan tutup yang dimodifikasi sebagai pendingin uap dengan penempatan peltier diujung pipa penguapan. Sistem kontrol untuk penempatan Arduino UNO, Power supply 12v sensor suhu, sensor TDS, Driver BTS7960 dikemas dalam box berbahan akrilik. Efektifitas kontrol suhu pada proses destilasi dapat dilihat berdasarkan perubahan nilai suhu. Perubahan suhu awal dan suhu akhir pada proses destilasi dengan sampel 50ml dengan variasi suhu 34°-82°C, sampel 100ml 30°-84°C, sampel 150ml 33°-92°C, sampel 200ml 33°-85°C, dan sampel 250ml 31°-101°C. Semakin besar volume sampel, kebutuhan energi untuk menaikkan suhu juga meningkat, menyebabkan waktu dan laju kenaikan suhu menjadi lebih lambat karena massa yang lebih besar menyerap panas lebih banyak sebelum mencapai suhu target.

Pada pengujian dengan sampel 50 ml mencapai suhu tertinggi 82°C menghasilkan air kondensat sebanyak 9ml, sampel 100 ml dengan dengan suhu tertinggi sebesar 84°C menghasilkan air kondensat sebanyak 19 ml, sampel 150ml mencapai suhu tertinggi sebesar 92°C. Menghasilkan air kondensat sebanyak 60ml, sampel 200 ml mencapai suhu tertinggi sebesar 85°C menghasilkan air kondensat sebanyak 60ml, dan sampel 250 ml mencapai suhu tertinggi sebesar 101°C menghasilkan air kondensat sebanyak 60ml. Nilai TDS awal pada sampel 50-250ml memiliki nilai yang konstan, berada pada nilai 1.683 ppm, setelah proses destilasi nilai TDS yang didapatkan pada masing-masing sampel diantaranya 319 ppm untuk

sampel 50ml, 671 ppm untuk sampel 100 ml, 93ppm untuk sampel 150 ml, 86 ppm untuk sampel 200 ml, dan 129ppm untuk sampel 250ml.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi yang telah memberikan fasilitas dalam menyelesaikan proyek skripsi. Proyek ini merupakan syarat untuk memenuhi penyelesaian program sarjana teknik elektro (S-1) di Universitas PGRI Banyuwangi.

REFERENSI

- [1] W. Fitriani and B. Hariyanto, "Dampak Pembuangan Limbah Industri Pengolahan Udang Terhadap Kualitas Air Di Aliran Sungai Kecing Desa Cebolek Kidul Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati," *Swara Bhumi*, vol. 2, no. 1, 2020. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/swara-bhumi/article/view/34067>
- [2] N. Pushpalatha, V. Sreeja, R. Karthik, and G. Saravanan, "Total Dissolved Solids and Their Removal Techniques," *Int. J. Environ. Sustain. Prot.*, vol. 2, no. 2, pp. 13–20, 2022, doi: <https://doi.org/10.35745/ijesp2022v02.02.0002>
- [3] P. A. Hawi Etana Debela, Forimsa Bidira, "Removal of BOD, TDS, and Phosphate from Industrial Parks Wastewater by Using a Combined Sono-Pulsed Electrocoagulation Method," *Scientific African*, vol. 28, 2025. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2025.e02741>
- [4] D. A. M. N. Efendi, A. A. Ramandani, D. Cendekia, and W. Hanifah, "Industrial wastewater treatment using venture injector type Micro-bubble aeration as a reduction of dissolved Iron (Fe^{2+}) levels," *J. Nat. Sci. Math. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 91–101, 2023, doi: <https://doi.org/10.21580/jnsmr.2023.9.2.17594>
- [5] R. D. Prasetya and P. S. A. Sitogasa, "Analisis Kualitas Buangan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Daur Ulang Plastik Di Jawa Timur," *J. TESLINK Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 7, no. 1, pp. 193–205, 2025, doi: <https://doi.org/10.52005/teslink.v1i1.420>
- [6] P. Nirwana and L. Legasari, "Analisis Kadar Total Dissolved Solid (TDS) pada Air Limbah Industri Menggunakan Metode Gravimetri," *Sains J. Kim. dan Pendidik. Kim.*, vol. 13, no. 2, pp. 132–135, 2025, doi: <https://doi.org/10.36709/sains.v13i2.80>
- [7] G. A. Pradelia, H. P. Buwono, and I. K. B. Artha, "Penurunan Nilai Turbidity Dan Total Suspended Solid Pada Limbah Cair Industri Additive Chemical Construction Menggunakan Koagulan Tawas," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 11, no. 1, pp. 121–130, 2025, doi: <https://doi.org/10.33795/distilat.v11i1.6926>
- [8] M. Mulyadi and I. S. Sowohi, "Perbandingan Efektifitas Metode Elektrokoagulasi dan Destilasi Terhadap Penurunan Beban Pencemar Fisik Pada Air Limbah Domestik," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 19, no. 1, p. 45, 2020, doi: <https://doi.org/10.14710/jkli.19.1.45-50>
- [9] Y. A. Pujiastuti, "Pengaruh Suhu Dan Waktu Operasi Pada Proses Destilasi Untuk Pengolahan Aquades Di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman," *J. Chemurg.*, vol. 1, no. 1, p. 31, 2021, doi: <https://doi.org/10.30872/cmng.v1i1.1137>
- [10] A. Dasa Novowan, M. Miftah, and W. Kusuma, "Scada Pada Proses Destilasi Dengan Pengendalian Suhu Menggunakan PID," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, pp. 56–61, 2024, doi: <https://doi.org/10.33795/elposys.v11i1.4963>
- [11] D. & Martias, "Optimisasi Pengukuran dan Pengendalian Suhu pada Furnace Industri

- Menggunakan Termokopel Tipe K dan Sistem PID,” vol. 5, no. 2, pp. 67–70, 2024. doi: <https://doi.org/10.31294/insantek.v5i2.5413>
- [12] Afrizal Matondang, “Rancang Sensor Thermocouple Type K Untuk Alat Pengukur Suhu Tungku Heat Treatment,” Thesis 2022. <http://repository.umsu.ac.id/>
- [13] Y. Abdelaziz, M. Hammam, F. Megahed, and E. R. Qamar, “Characterizing Drift Behavior in Type K and N Thermocouples After High Temperature Thermal Exposures,” *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 97, no. 1, pp. 62–74, 2022, doi: <https://doi.org/10.37934/arfmts.97.1.6274>
- [14] B. E. Pratama, G. A. Pauzi, sri wahyu suciyati, and amir upriyanto, “Heating Rate Control in Electric Furnace with SSR and K-Type Thermocouple Using Arduino Uno Atmega 328P,” *J. Energy, Mater. Instrum. Technol.*, vol. 4, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.23960/jemit.v4i1.117>
- [15] D. Rahadian Aji Muhammad, P. Darmadji, Y. Pranoto, P. Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, F. Pertanian, and J. Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, “Effect of Distillation Temperature and Stage of Condenser on Sensory Characteristic of Liquid Smoke Distillate,” *J. Teknol. Has. Pertan.*, vol. IV, no. 2, p. 108, 2011. <https://rahadiandimas.staff.uns.ac.id/?p=619>
- [16] M. Yusfi, F. Gandi, and H. S. Palka, “Analisis Pemanfaatan Dua Elemen Peltier Pada Pengontrolan Temperatur Air,” *Spektra J. Fis. dan Apl.*, vol. 2, no. 1, pp. 9–14, 2017, doi: <https://doi.org/10.21009/spektra.021.02>
- [17] S. P. Prakash, V. Nithyalakshmi, G. Sujatha, and R. M. Nirmal, “Experimental Study on Comparison of Peltier Module TEC1 12706 And TEC1 12715 S.,” *Int. J. Appl. Eng. Technol.*, vol. ISSN, pp. 9–14, 2021, [Online]. Available: <http://www.cibtech.org/jet.htm>
- [18] I. Sormin, I. Gunanya, and I. Aviantara, “Kinerja Kotak Pendingin (Cooler Box) Berpendingin TEC1-12715 Pada Beberapa Beban Pendinginan,” *J. Beta (Biosistem Dan Tek. Pertanian)*, vol. 11, no. 1, pp. 29–37, 2023, [Online]. Available: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/beta>
- [19] T. U. G. Manik, T. B. Sitorus, and F. Sembiring, “Kinerja Sistem Kotak Pendingin Peltier Tenaga Surya Untuk Penyimpanan Sayur dan Buah,” *Rotasi*, vol. 20, no. 4, p. 214, 2019, doi: 10.14710/rotasi.20.4.214-220.
- [20] H. A. Calvin, Samar, “Studi Eksperimental Solar Cold Energy Storage Dengan penambahan PCM Dan Tanpa PCM,” *J. Din.*, vol. 10, no. 1, pp. 39–47, 2022. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v10i1.9086>
- [21] L. Laila et al., “Perancangan Total Dissolved Solids (TDS) Monitoring pada air boiler Berbasis Mikrokontroler di Pabrik Kelapa Sawit Naga Sakti,” 2021. <https://repository.itsb.ac.id/id/eprint/528/>
- [22] T. Tarigan, “Analisis dan Aplikasi Sensor pH, Sensor TDS, Sensor NTU, dan Sensor Suhu dalam Pengukuran Kualitas Air,” vol. 11, no. 5, pp. 5512–5514, 2024. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/26348>
- [23] S. F. Karo Karo, D. Darianto, and M. Idris, “Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor pada Proses Destilasi Daun Serai Wangi,” *J. Ilm. Tek. Mesin Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–40, 2023, doi: <https://doi.org/10.31289/jitmi.v2i1.1951>
- [24] F. I. Pasaribu, A. K. Hasibuan, N. Evalina, E. S. Nasution, and S. Suherman, “Analisa Penggunaan Surya Panel Polikristal 240 WP Sebagai Kinerja Destilator Air Laut,” *RELE*

- (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro, vol. 4, no. 2, pp. 90–99, 2022, doi: <https://doi.org/10.30596/rele.v4i2.9530>
- [25] I. Nurhayati et al., “Optimasi Proses Distilasi Multikomponen untuk Pemisahan Alkohol,” J. Majemuk, vol. 3, no. 2, pp. 206–218, 2024. <https://jurnalilmiah.org/jurnal/index.php/majemuk/article/view/674>
- [26] H. Isman, I. Rupee Wardani, and D. Sari, “Gambaran Pencemaran Limbah Cair Industri Tambak Udang Kualitas Air Laut di Pesisir Pantai Lombeng,” J. Pendidik. dan Konseling, vol. 4, no. 3, pp. 1349–1358, 2022. <http://dx.doi.org/10.25157/ma.v1i1i1.17165>
- [27] Q. N. Komalasari and I. W. Abida, “Pengaruh Pembuangan Limbah Cair Industri Pembekuan Udang Terhadap Kualitas Air Sungai Di Kabupaten Sidoarjo,” Juv. Ilm. Kelaut. dan Perikanan., vol. 2, no. 3, pp. 202–211, 2021, doi: <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i3.11753> .
- [28] N. T. Wahyudi, F. F. Ilham, I. Kurniawan, and A. S. Sanjaya, “Rancangan Alat Destilasi untuk Menghasilkan Kondensat dengan Metode Distilasi Satu Tingkat,” J. Chemurg., vol. 1, no. 2, p. 30, 2018, doi: <https://doi.org/10.30872/cmg.v1i2.1142>
- [29] S. Asfiyah, “Modifikasi Dean Stark Upaya Efisiensi Proses Distilasi Uap Minyak Biji Pala Dalam Praktikum Kimia Organik,” Indones. J. Lab., vol. 2, no. 1, p. 10, 2020, doi: <https://doi.org/10.22146/ijl.v2i1.54161>