

OPTIMASI SISTEM KENDALI *ELECTRIC FAN* RUBAHAN SISTEM *VISCOUS* PADA PENDINGIN MESIN JEEP MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Bambang Supriyanto¹, Joko Yunianto Prihatin^{*2}, Farit Ardiyanto³

^{1,3}Program Studi Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta, Jl. Raya Solo-Baki Km 2 Kwarasan Sukoharjo Jawa Tengah Kode Pos 57552

²Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta, Jl. Raya Solo-Baki Km 2 Kwarasan Sukoharjo Jawa Tengah Kode Pos 57552

jokoyp.sttw@gmail.com*

faried2402@gmail.com

Abstrak

Permasalahan utama muncul ketika kendaraan jeep dijalankan pada kondisi cuaca dingin, hujan yang bersuhu rendah, sehingga suhu kerja mesin belum mampu mencapai standar (1/4 strip tengah 40°C pada AFR 13). Dampak yang terjadi adalah visco cooling belum cukup mencair dan kipas pendingin berputar kecepatan rendah dan AFR menjadi kaya sehingga konsumsi bahan bakar naik. Tujuan kegiatan penelitian ini adalah dengan merubah sistem pendingin cair viscos menjadi electric fan. Sehingga dapat diketahui rentang suhu rendah dan atas penyalaan kipas pendingin dan untuk mengetahui komposisi level faktor yang mampu mencapai nilai rentang suhu yang optimal. Metode penelitian yang diterapkan adalah desain eksperimen taguchi 4 faktor 3 level untuk menentukan nilai suhu optimal mesin dengan penyesuaian variasi jenis cairan pendingin, jenis R sensor, panjang kabel instalasi listriknya dan jenis material NTC. Hasil yang diacapai adalah dengan menerapkan faktor jenis cairan pendingin air murni 100m, penggunaan jenis R sensor 1.5, dengan panjang kabel 150cm dan jenis material NTC berdiameter 25mm mampu untuk mengoptimalkan nilai respon waktu suhu rendah dan naik sistem pendingin fan tersebut pada nilai rata-rata 68.33 detik.

Kata Kunci: *orthogonal array*, pendingin cair, kipas pendingin, suhu kerja

Abstract

The main problem arises when the jeep is driven in cold weather conditions, rain with low temperatures, so that the engine's working temperature is not yet able to reach the standard (1/4 middle strip 40oC at AFR 13). The impact that occurs is that the water visco cooling has not melted enough and the cooling fan rotates at low speed and the AFR becomes rich so that fuel consumption increases. The aim of this research is to convert a viscous cooling system into an electric fan. This will allow us to determine the low and high temperature ranges for fan activation and to determine the composition of the factor levels that can achieve the optimal temperature range. The research method applied is a 4-factor, 3-level Taguchi experimental design to determine the optimal engine temperature value by adjusting variations in the type of coolant, the type of R sensor, the length of the electrical installation cable and the type of NTC material. The results achieved are by applying a pure water cooling fluid type factor of 100m, the use of type R sensor 1.5, with a cable length of 150cm and a type of NTC material with a diameter of 25mm is able to optimize the low temperature

response time value and the rise of the fan cooling system at an average value of 68.33 seconds

Keywords: *orthogonal array, water cooling, electric fan, operating temperature*

I. LATAR BELAKANG

Kendaraan jeep salah satu konsumen aktif BBM pertalite dewasa ini. Mesin pada kendaraan jeep beroperasi pada medan berat yang memerlukan torsi tinggi, sehingga menerapkan sistem pendinginan viscos. Namun dengan berjalannya waktu kendaraan tersebut dipakai pada medan jalan raya lurus dan torsi rendah. Permasalahan utama muncul ketika kendaraan dijalankan pada kondisi cuaca dingin, hujan yang bersuhu rendah, sehingga suhu kerja mesin belum mampu mencapai standar yaitu 1/4 strip tengah 40°C pada AFR 13. Dampak yang terjadi adalah *visco cooling* belum cukup mencair dan kipas pendingin berputar kecepatan rendah dan AFR menjadi kaya sehingga konsumsi bahan bakar naik. [1] [2]

Alternatif solusi permasalahan tersebut adalah dengan merubah sistem pendingin viscos menjadi *electric fan*. Metode penelitian yang diterapkan adalah desain eksperimen taguchi 4 faktor 3 level untuk menentukan nilai suhu optimal mesin dengan penyesuaian variasi jenis cairan pendingin, jenis R sensor, panjang kabel instalasi listriknya dan jenis material NTC. Manfaat yang diperoleh adalah mengurangi konsumsi BBM secara efektif dengan penerapan desain instalasi kelistrikan kendali suhu mesin kendaraan yang serbaguna untuk semua medan jalan dan semua jenis kendaraan pada kondisi suhu ideal 80-90°C.

Penelitian ini mengacu kepada TKT 1 teknologi yang dikembangkan clustering dengan kategori indikator TKT umum dan hand engineering yang menerapkan desain eksperimen Taguchi Orthogonal Array L9.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai batasan suhu rendah dan atas efektif alat kendali suhu tersebut ?
2. Berapa komposisi variasi jenis material sensor, jenis termokopel, jenis cairan pendingin, dan panjang kabel instalasi listriknya yang menghasilkan kendali suhu mesin ideal ?

Teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan terdapat beberapa hal.

Sistem Pendingin Mesin

Sistem pendingin pada kendaraan bermotor berfungsi menjaga suhu kerja mesin agar tetap berada pada rentang optimal. Mesin yang bekerja pada suhu terlalu rendah akan menghasilkan pembakaran tidak sempurna, sedangkan suhu terlalu tinggi dapat menyebabkan overheating dan kerusakan komponen [3] [4] [5] [6]. Menurut hasil penelitian sistem pendingin bekerja dengan memindahkan panas dari ruang bakar ke lingkungan melalui media cairan pendingin dan kipas radiator. Pada sistem *viscous fan*, kecepatan kipas bergantung pada viskositas fluida di dalam kopling, sehingga pada suhu rendah kipas berputar lambat dan pendinginan kurang efektif. [7]

Sensor Suhu dan Material NTC

Sensor suhu pada sistem pendingin modern umumnya menggunakan termistor NTC Negative Temperature Coefficient. Prinsip kerja NTC adalah resistansi listrik yang menurun seiring dengan kenaikan suhu [8] [9] [10] [11]. Material NTC dengan diameter tertentu memengaruhi sensitivitas dan respon waktu sensor. Pemilihan material NTC yang tepat menjadi faktor penting dalam sistem kontrol kipas elektrik. Hal ini sesuai dengan teori semikonduktor yang menjelaskan hubungan antara resistansi dan suhu pada material berbasis oksida logam. Melalui analisis rangkaian dengan variasi resistor, suhu, dan intensitas cahaya, diperoleh karakteristik bahwa resistansi NTC menurun seiring kenaikan suhu, sedangkan resistansi LDR menurun ketika intensitas cahaya meningkat. [12] [13] [14] [15]

Desain Eksperimen Taguchi

Metode Taguchi merupakan pendekatan desain eksperimen yang bertujuan menemukan kombinasi faktor optimal dengan jumlah percobaan minimal. Taguchi pada tahun 1990 memperkenalkan konsep Orthogonal Array -OA untuk mengatur kombinasi faktor dan level, serta Signal-to-Noise Ratio S/N untuk menilai kestabilan sistem terhadap variasi factor [16]. Metode ini banyak digunakan dalam penelitian teknik untuk optimasi proses, termasuk dalam sistem pendingin mesin [17] [18].

Konversi Sistem Pendingin ke Electric Fan

Penggunaan *electric fan* menggantikan viscous fan memberikan keunggulan berupa kecepatan kipas yang dapat dikontrol secara elektronik berdasarkan sinyal sensor suhu. Respon pendinginan lebih cepat sehingga suhu kerja mesin dapat dicapai lebih efisien [19] [20] [21]. Menurut [22], sistem pendingin elektrik lebih fleksibel karena dapat diintegrasikan dengan Engine Management System EMS, sehingga konsumsi bahan bakar lebih hemat dan emisi lebih terkendali.

II. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian terkait alat kendali suhu kerja mesin ini dimulai dengan menentukan masalah terlebih dahulu yaitu berapa suhu mesin pada kondisi cuaca dan lingkungan dingin tersebut. Selanjutnya membahas selisih suhu mesin standart terhadap nilai AFR atau konsumsi bahan bakar minyak. Dan dilanjutkan menyiapkan alat dan bahan yaitu unit kendaraan tipe jeep Daihatsu Taruna 1500cc injeksi tahun 2005 dengan sistem pendingin standar visco. Alat ukur yang dipakai adalah termometer digital merek Omron, AVO meter dan Pemanas listrik dilengkapi panci berkapasitas 1.4 liter. Sistem kipas listrik pendingin radiator menggunakan tipe Terios dan termokopel DS18B20. Alat bantu meliputi tang dan obeng pipih 5 mm plus dan minus, solder dan tenol.

Penelitian dikerjakan di laboratorium fluida dan workshop Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta.

Hipotesis penelitian

Pemilihan variable penelitian yaitu variasi jenis material sensor, jenis termokopel, jenis cairan pendingin, dan panjang kabel instalasi listriknya. Pengujian dan pengambilan data rentang waktu pengendalian suhu turun dan naik pada alat kendali suhu mesin dengan

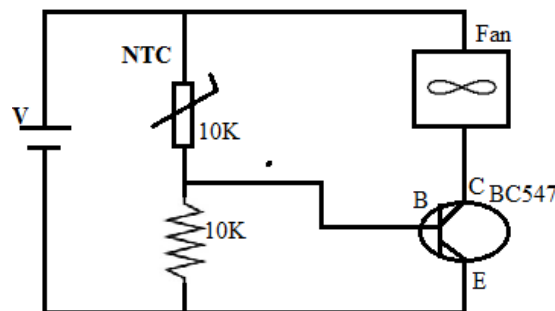
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

menerapkan desain eksperimen Taguchi OA L9. Secara terperinci sesuai dijelaskan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Variabel bebas pengujian alat kendali suhu mesin

Faktor		Level		
		1	2	3
A	Jenis cairan pendingin (°C)	Murni 100murni	Suling 100	Coolant 115
B	Jenis R sensor (ohm)	0.5	1	1.5
C	Panjang Kawat (cm)	50	100	150
D	Jenis material NTC (diameter = mm)	Bead 0.075-5	Glass 0.4- 10mm	Disc&Che ap 025- 25mm

Tahapan selanjutnya adalah penentuan dan perakitan sistem pendingin viscos dirubah sistem pendingin air dengan mengoptimalkan electric fan seperti ditunjukkan gambar 1 dibawah ini. [23]



Gambar 1. perakitan instalasi kendali suhu

Nilai hasil pengujian berupa waktu rata-rata perubahan nilai minimal dan maksimal dengan proses variasi 4 faktor 3 level tersebut Pengujian diperoleh dari 5 kali pengambilan data, sehingga keabsahan bisa tercapai. Nilai hasil pengujian berupa waktu pengendalian suhu mesin saat rendah dan atas tersebut, kemudian dilanjutkan dengan analisis perbandingan nilai SNR dan rata-rata dengan acuan efek tiap faktor Larger The Better. Nilai tersebut ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang kemudian akan di analisis berdasarkan dasar teori dan tinjauan pustaka dan ditarik kesimpulan nilai yang optimal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran waktu saat suhu rendah dan naik selama pengujian secara spesifik persiapan dan pelaksanaan uji berlangsung dengan tepat waktu dan efektif. Data tersebut diuraikan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil uji efektifitas waktu suhu rendah dan tinggi sistem pendingin radiator

Nomor uji	Jenis cairan pendingin (°C)	Jenis R sensor (ohm)	Panjang Kawat (cm)	Jenis material NTC (diameter=mm)	Hasil waktu 1 (detik)	Hasil waktu 3 (detik)	Hasil waktu 3 (detik)	Rata-rata waktu (detik)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

1	1	1	1	1	42	43	46	43.67
2	1	2	2	2	53	47	51	50.33
3	1	3	3	3	70	68	67	68.33
4	2	1	2	3	44	46	45	45.00
5	2	2	3	1	57	56	61	58.00
6	2	3	1	2	45	48	49	47.33
7	3	1	3	2	40	39	46	41.67
8	3	2	1	3	47	49	45	47.00
9	3	3	2	1	56	55	57	56.00

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian menunjukkan adanya variasi waktu respon suhu rendah dan tinggi yang dipengaruhi oleh kombinasi faktor jenis cairan pendingin, jenis R sensor, panjang kabel, serta material NTC. Nilai rata-rata waktu tercepat diperoleh pada kombinasi faktor uji ke-7 dengan cairan pendingin level 3, sensor R level 1, kabel 3, dan material NTC level 2, yaitu sebesar 41,67 detik. Sebaliknya, waktu rata-rata paling lambat terjadi pada uji ke-3 dengan kombinasi cairan pendingin level 1, sensor R level 3, kabel 3, dan material NTC level 3, yaitu 68,33 detik.

Secara umum, variasi jenis cairan pendingin dan material NTC memberikan pengaruh signifikan terhadap kecepatan respon sistem pendingin. Kombinasi cairan pendingin air murni dengan sensor R 1.5 ohm, kabel sepanjang 150 cm, serta material NTC berdiameter 25 mm terbukti mampu menghasilkan waktu pendinginan yang lebih optimal. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan faktor yang tepat dapat mempercepat proses pencapaian suhu kerja mesin, sehingga sistem pendingin electric fan lebih efektif dibandingkan sistem viscos sebelumnya.

Tahapan penelitian berdasarkan data hasil pengujian respon waktu saat suhu rendah dan tinggi pada tabel tersebut diatas selanjutnya dilakukan analisa statistik Signal to noise ratio Larger The Better. Karakteristik kualitas yang terbaik bahwa semakin banyak waktunya. Selanjutnya dapat diketahui efek tiap faktor terhadap komposisi tiap rata rata dan SNR hasil pengujian tersebut. Secara detail sesuai ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 3 Analisis efek tiap faktor Rata-Rata LTB hasil pengujian

Level	Jenis cairan pendingin (°C)	Jenis R sensor (ohm)	Panjang Kawat (cm)	Jenis material NTC (diameter=mm)
1	54.11	43.44	46.00	52.56
2	50.11	51.78	50.44	46.44
3	48.22	57.22	56.00	53.44
Delta	5.89	13.78	10.00	7.00
Rank	4	1	2	3

Tabel 4 Analisis efek tiap faktor SNR LTB hasil pengujian

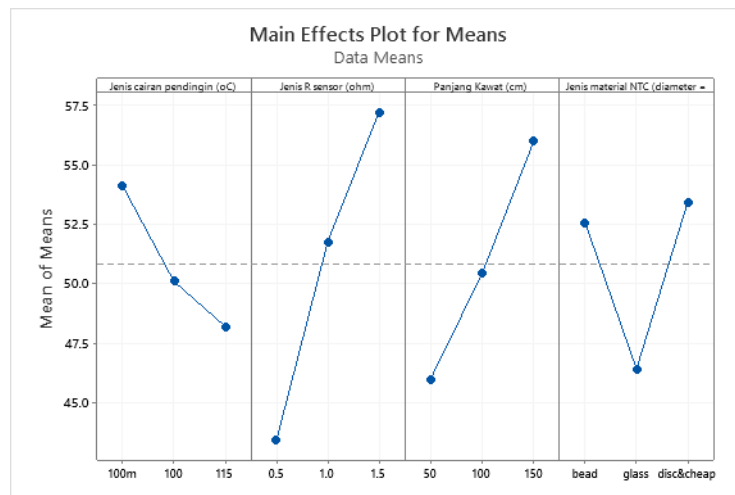
Level	Jenis cairan pendingin (°C)	Jenis R Sensor (ohm)	Panjang Kawat (cm)	Jenis material NTC (diameter=mm)
1	34.49	32.72	33.23	34.33
2	33.93	34.23	34.01	33.27

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

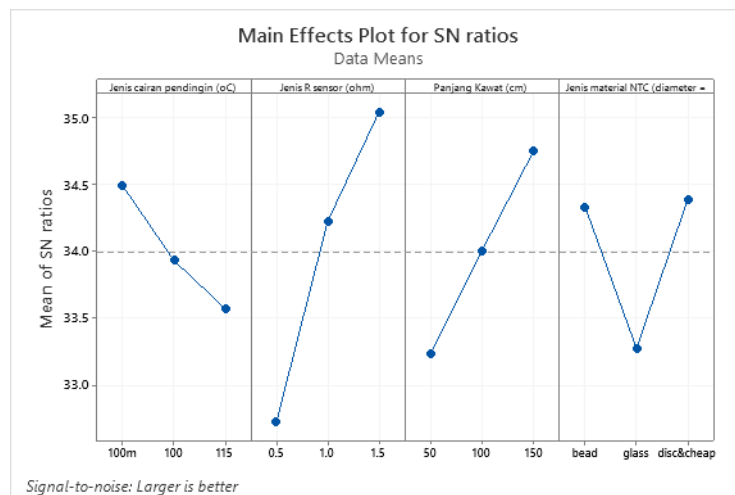
3	33.57	35.05	34.76	34.39
Delta	0.92	2.32	1.52	1.12
Rank	4	1	2	3

Pada tabel 3 dan tabel 4 tersebut diatas menunjukkan bahwa ranking selisih/delta menunjukkan kesamaan urutan mulai dari yang terbesar 4,1,2,3. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa nilai tersebut adalah paling optimal.

Berdasarkan kedua tabel tersebut juga dapat dicermati secara terperinci terhadap nilai tertinggi pada setiap faktor menggunakan grafik yang dijelaskan Gambar 3 dan Gambar4 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik analisis efek tiap faktor Rata-rata LTB waktu suhu rendah dan naik



Gambar 3. Grafik hasil analisis efek tiap faktor SNR LTB waktu suhu rendah dan naik

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 nilai perbandingan rata-rata dan SNR tersebut menunjukkan bahwa nilai tertinggi tiap faktor berada pada posisi yang sama, kombinasi level faktor optimal berada pada A1B3C3D3. Komposisi tersebut bisa diartikan bahwa dengan menerapkan faktor jenis cairan pendingin air murni 100m, penggunaan jenis R sensor 1.5, dengan panjang kabel 150cm dan jenis material NTC berdiameter 25mm mampu untuk mengoptimalkan nilai respon waktu suhu rendah dan naik sistem pendingin fan tersebut pada nilai rata-rata 68.33 detik.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

Dari pembahasan analisis statistik Taguchi Signal to Noise Ratio Larger The Better, efek tiap faktor dan analisa mekanika fluida juga tinjauan pustaka terkait, maka dapat diperoleh kesesuaian kesamaan hasil kesimpulan dari beberapa penelitian sebelumnya.

Metode desain eksperimen Taguchi adalah teknik untuk memperbaiki kualitas dengan waktu yang relatif cepat dan biaya ekonomis. Sejumlah variasi faktor dan level yang digunakan diatur pada sebuah tabel matrik Orthogonal Array OA, sehingga komposisi pengujiannya menjadi lebih ringkas terwakili tanpa menghilangkan komposisi dasarnya. Nilai hasil perbaikan mutu dapat dianalisis pada Signal to Noise Ratio Larger The Better, Small The Better, Normaly The Better (LTB, STB, dan NTB) dan analisis efek tiap faktor yang berpengaruh. Nilai optimal dicapai jika hasil kedua analisis tersebut bernilai sama. [24].[25]

Hasil penelitian terkait pengaruh debit air terhadap nilai efektifitas pendinginan radiator menunjukkan bahwa debit air yang semakin tinggi menjadikan nilai efektifitas radiator semakin meningkat (pada debit 0,028 m³/menit, 2500 rpm) sehingga dengan kata lain debit aliran air berpengaruh terhadap nilai efektifitas radiator [26].

Hasil penelitian laju perpindahan panas konveksi secara alami sangat bergantung pada konduktivitas termal material dimana yang tertinggi adalah pada gelas tembaga 55,15 Watt, aluminium 29,44 Watt, stainless steel 2,28 Watt, kaca 0,17 Watt dan plastic 0,016 Watt. Sehingga semakin cepat kecepatan fluidanya maka laju perpindahan panasnya semakin cepat dan waktu yang dibutuhkan semakin singkat. [27]

Penelitian tentang nilai Efektifitas Radiator akan meningkat sebanding dengan putaran mesin, maupun sebaliknya perpindahan kalor menurun dan efektifitasnya. [28] Sistem pendingin kendaraan sebaiknya menggunakan cairan radiator water coolant karena titik didihnya tinggi dan membuat mesin lebih awet daripada menggunakan air biasa. [29] Penelitian sebelumnya yang menerapkan sistem kendali suhu air menggunakan sensor DS18B20 cukup mampu bekerja efektif. Jika suhu mencapai setpoint maka suhu akan dipertahankan oleh relay dengan range yang sudah diatur. [30].

Hasil penelitian Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Untuk Mengukur Selisih Dua Keadaan menunjukkan bahwa penerapan sensor suhu LM35 yang diolah oleh mikrokontroller ATmega8535, maka sistem akuisisi data suhu didapatkan hasil bahwa sistem ini memiliki kemampuan untuk mengukur suhu dari 25°C sampai 100°C. [31]. Pembuatan Termokopel Berbahan Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu) Sebagai Sensor Temperatur tersebut mampu mendeteksi kenaikan dan penurunan temperatur dengan nilai regresi hampir mendekati 1 dimana tegangan kenaikan dan penurunan suhu berkisar 65 hingga 513 μ Volt.[32]

IV. KESIMPULAN

Simpulan berdasarkan pembahasan hasil dari penelitian terkait sistem kendali temperatur sistem pendingin kendaraan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Nilai batasan suhu rendah dan atas efektif alat kendali suhu tersebut adalah 68.33 detik.
2. Penerapan faktor jenis cairan pendingin air murni 100m, penggunaan jenis R sensor 1.5, dengan panjang kabel 150cm dan jenis material NTC berdiameter 25mm mampu menghasilkan kendali suhu mesin optimal

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak penyandang dana penelitian, pendukung fasilitas, atau bantuan ulasan naskah oleh PPPM STT Warga Surakarta pada program penelitian dosen pemula lokal.

VI. REFERENSI

- [1] K. J. M. A.-K. Osama H. M. Ghazal, Yousef S. H. Najjar, "Modeling the Effect of Variable Timing of the Exhaust Valves on SI Engine Emissions for Greener Vehicles," *Energy Power Eng.*, vol. 5, no. 3, 2013, [Online]. Available: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=794599>
- [2] J. F. R. ; H. X. ; G. H. ; B. W. ; A. M. ; D. B. Olsen, "Heavy Duty Natural Gas Single Cylinder Research Engine Installation, Commissioning, and Baseline Testing," *Energy Power Eng.*, vol. 14, no. 6, 2022, [Online]. Available: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3261071>
- [3] Haidar Muhammad, Akmad Ahfas, and Shazana Dhiya Ayuni, "Sistem Monitoring Kualitas Air Dan Pakan Ikan Otomatis Berbasis Iot Dengan Sistem Kendali Aplikasi Blynk," *J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 41–46, 2023, doi: 10.55606/teknik.v3i1.1160.
- [4] O.S.Henry, "analisis perubahan dimensi kincir terhadap kecepatan aliran air," *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019, [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- [5] X. Chen *et al.*, "Nature Communications Article in Press Global application of radiative cooling in grain storage TI IN ES TI," 2026.
- [6] Burhan Agus Saputra and Karminto Karminto, "Studi Eksperimental Karakteristik Pressuredrop Dan Pola Aliran Dua Fase Air-Udara Pada Ellbow Mitter 60°," *J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 258–273, 2025, doi: 10.55606/teknik.v5i3.8264.
- [7] E. O. D. Alpha Chukwumela Ajie, Mohammed Moore Ojapah, "Effect of Palm Oil Biodiesel Blends on Engine Emission and Performance Characteristics in an Internal Combustion Engine," *Open J. Energy Effic.*, vol. 12, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3465131>
- [8] J. Fraden, *Handbook of Modern Sensors*. 2016. doi: 10.1007/978-3-319-19303-8.
- [9] M. Y. Nurfani, "Efek Material Carbon Terhadap Sensitive Sensor Control," *J. Tek. Mesin, Elektro Dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–5.
- [10] M. J. I. Hariansyah, "Deteksi Arah Sinar Matahari Berbasis Matlab Menggunakan (Pid) Proportional – Integral – Differential," *JuTEkS (Jurnal Tek. Elektro dan Sains)*, pp. 6–11, 2016.
- [11] A. R. Maulana and . M., "Real-Time Data Monitoring System Pengolahan Air Limbah Di Pt Tirta Fresindo Jaya (Mayora Group) Plant Ciherang," *JuTEkS (Jurnal Tek. Elektro dan Sains)*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.32832/juteks.v9i1.13496.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

- [12] F. D. Yuliantono *et al.*, “Sensor (I4),” *Lap. Prakt. INSTRUMENTASI*, pp. 1–7, 2021.
- [13] M. N. Hidayah, “Analisa Kinerja Sensor Suhu NTC dan LM35 Dalam Sistem Pendeteksian Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler,” *J. Amplif.*, pp. 38–42, 2020.
- [14] M. A. Kurniawan, Imam Muda Nauri, and Sumarli, “HOUSING NTC TERHADAP SENSITIVITAS RESISTANCE PADA SENSOR ENGINE COOLANT TEMPERATURE (ECT) Coolant Temperature (ECT) pada kendaraan maka digunakan aplikasi bahan tembaga , terhadap sensitivitas resistance pada sensor NTC dapat dimodifikasi oleh penutup,” vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [15] F. Muliawati and A. Seftiana, “Prototipe Sistem Otomatis Pengukuran Densitas Debu, Kelembaban Udara, Dan Suhu Ruang Berbasis Mikrokontroler Atmega 32 Untuk Sterilisasi Udara Pada Ruang Perakitan Lensa Kamera,” *J. Tek. Elektro Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 18–25, 2016.
- [16] J. Y. Prihatin, B. A. Pangestu, R. Kristiyono, and S. Sulistyadi, “Experimental test analysis of hydram pump flow rate using L9 Taguchi at fish pond aquaculture,” *J. Eng. Appl. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–39, 2023, doi: 10.21831/jeatech.v4i1.58352.
- [17] N. SCHNEIDEWIND, “What can Software Engineers Learn from Manufacturing to Improve Software Process and Product,” *Intell. Inf. Manag.*, vol. 1, no. 12, 2009, [Online]. Available: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=14584>
- [18] O. Y. Philip and U. I. ; Frank, “Design and Construction of an Experimental Diffusion Battery,” *Int. J. Sustain. Energy Thermolectr. Gener. (MAT Journal)*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2025, doi: 10.1021/ie50311a009.
- [19] J. Vad *et al.*, “Redesign of an electric motor cooling fan for reduction of fan noise and absorbed power,” *9th Eur. Conf. Turbomach. Fluid Dyn. Thermodyn. ETC 2011 - Conf. Proc.*, vol. 1, pp. 69–79, 2011, doi: 10.29008/etc2011-055.
- [20] Aziz Adela Rashad, Ulikaryani, Bayu Aji Girawan, Radhi Ariawan, Jenal Sodikin, and Hety Dwi Hastuti, “Uji Fungsi Dan Kalibrasi Sensor Water Flow Yf-S201 Berbasis Arduino Uno Pada Mesin Penjernih Air Sungai,” *J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2023, doi: 10.55606/teknik.v3i2.1850.
- [21] B. Hella and S. Gmbh, “The electronically controlled Visco fan clutch,” pp. 1–4, 2010.
- [22] A. B. Joseph Lungu, Lennox Siwale, Rudolph Joe Kashinga, Shadreck Chama, “Correlation of Performance, Exhaust Gas Temperature and Speed of a Spark Ignition Engine Using Kiva4,” *J. Power Energy Eng.*, vol. 9, no. 8, 2021, [Online]. Available: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3061384>
- [23] A. G. Kalay, “Perawatan dan perbaikan sistem air conditioner pada mobil daihatsu taruna,” pp. 1–51, 2015, [Online]. Available: <https://docplayer.info/30428308-Perawatan-dan-perbaikan-sistem-air-conditioner-pada-mobil-daihatsu-taruna.html>
- [24] Suwarno, N. N. Debatara, and S. W. Rizki, “Optimasi kualitas Hallow Block dengan Metode Taguchi,” *Optimasi kualitas Hallow Block dengan Metod. Taguchi*, vol. 6, no. 01, pp. 61–68, 2017.
- [25] J. Y. Prihatin, H. Kustanto, S. Pambudi, and I. H. A. Nagoro, “Study of fluids pressure in hydraulic press machine using L8 orthogonal array,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1977, no. June, 2018, doi: 10.1063/1.5042861.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

- [26] Enzo W. B. Siahaan, “Pengaruh Debit Aliran Terhadap Efektifitas Radiator Pada Motor Bakar Bensin 4 Langkah dengan Kapasitas Silinder 1329CC,” *Nucleic Acids Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2018, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gde.2016.09.008><http://dx.doi.org/10.1007/s00412-015-0543-8><http://dx.doi.org/10.1038/nature08473><http://dx.doi.org/10.1016/j.jmb.2009.01.007><http://dx.doi.org/10.1016/j.jmb.2012.10.008><http://dx.doi.org/10.1038/s4159>
- [27] H. Riupassa and W. G. Allo, “Analisis Konveksi Alami dan Paksa dengan Variasi Material,” *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 39–48, 2019, [Online]. Available: <http://ojs.ustj.ac.id/mesin/article/view/428>
- [28] D. I. Pratama, Y. H. Anoi, and S. Sobah, “Analisis Pengaruh Putaran Mesin 1000 , 1500 dan 2000 RPM Terhadap Perpindahan Panas Pada Sistem Pendingin Toyota Rush 1500 CC,” pp. 2–6, 2000.
- [29] R. F. Lisan, Rifdarmon, H. Maksum, and D. S. Putra, “Efektivitas Metode Analisis Konkret Temperatur dan Tekanan pada Kebocoran Sistem Pendingin Mobil,” *JTPVI J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 1, no. 3, pp. 309–318, 2023, doi: 10.24036/jtpvi.v1i3.71.
- [30] M. Imam and E. Apriaskar, “PENGENDALIAN SUHU AIR MENGGUNAKAN SENSOR SUHU DS18B20 Computer Science | Industrial Engineering | Mechanic Engineering | Civil Engineering Computer Science | Industrial Engineering | Mechanic Engineering | Civil Engineering,” vol. 06, no. 01, pp. 347–352, 2019.
- [31] D. K. Allo, J. D. Mamahit, Bahrin, and M. N. Tulung, “Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Untuk Mengukur Selisih Dua Keadaan,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2013.
- [32] H. Santoso and R. Ruslim, “Pembuatan Termokopel Berbahan Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu) Sebagai Sensor Temperatur,” *Indones. J. Fundam. Sci.*, vol. 5, no. 1, p. 59, 2019, doi: 10.26858/ijfs.v5i1.9376.