

Makalah Ilmiah Populer

Analisis Karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC) pada *Function Generator* Berdasarkan Deviasi Frekuensi terhadap Variasi Suhu

*Artikel ilmiah ini disusun dalam rangka
untuk pemenuhan capaian kinerja mahasiswa*



Poltek Nuklir

Disusun pada tanggal 6 Juli 2026 oleh :
Ni Mas Aqila Najwan / Elektronika Instrumentasi / 022300032

Dosen Pengampu/Pembimbing :

Risky Nurseila Karthika, S.ST, M.Sc

POLITEKNIK TEKNOLOGI NUKLIR INDONESIA

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

YOGYAKARTA

2026

**LEMBAR PERSETUJUAN
MAKALAH ILMIAH**

**ANALISIS KARAKTERISTIK *NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT* (NTC)
PADA *FUNCTION GENERATOR* BERDASARKAN DEVIASI FREKUENSI
TERHADAP VARIASI SUHU**

Disusun oleh
Ni Mas Aqila Najwan / Elektronika Instrumentasi / 022300032

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 14 Juli 2026 oleh:

Dosen Pembimbing/Dosen Pengampu Matakuliah



TT ELEKTRONIK

Risky Nurseila Karthika, S.ST, M.Sc
NIP. 199409132020122008

ANALISIS KARAKTERISTIK *NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT* (NTC) PADA *FUNCTION GENERATOR* BERDASARKAN DEVIASI FREKUENSI TERHADAP VARIASI SUHU

ANALYSIS OF *NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT* (NTC) CHARACTERISTICS IN A *FUNCTION GENERATOR* BASED ON FREQUENCY DEVIATION TO TEMPERATURE VARIATION

Ni Mas Aqila Najwan¹

¹Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia, Jalan Babarsari Kotak POB 5101/YKKB, Ngentak, Caturtunggal, Sleman

*E-mail korespondensi: nmsaqila@gmail.com

ABSTRAK

ANALISIS KARAKTERISTIK *NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT* (NTC) PADA *FUNCTION GENERATOR* BERDASARKAN DEVIASI FREKUENSI TERHADAP VARIASI SUHU. Pengujian stabilitas kinerja *function generator* terhadap variasi suhu merupakan bagian penting dalam pengendalian mutu peralatan instrumentasi di laboratorium. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi suhu terhadap kestabilan frekuensi keluaran serta mengidentifikasi karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC) pada komponen internal alat. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan mengukur frekuensi *function generator* pada 25 titik kenaikan suhu di dalam ruang isolasi termal. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan negatif antara kenaikan suhu dan frekuensi keluaran, di mana frekuensi mengalami penurunan secara bertahap seiring meningkatnya suhu. Temuan ini mengindikasikan bahwa perubahan suhu memengaruhi kestabilan frekuensi *function generator* dan menunjukkan adanya pengaruh karakteristik NTC pada komponen internal alat. Oleh karena itu, pengendalian suhu selama pengoperasian *function generator* perlu diperhatikan untuk menjaga kestabilan frekuensi dan meningkatkan keandalan hasil pengukuran.

Kata kunci: *function generator*, deviasi frekuensi, suhu, termistor NTC

ABSTRACT

ANALYSIS OF *NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT* (NTC) CHARACTERISTICS IN A *FUNCTION GENERATOR* BASED ON FREQUENCY DEVIATION TO TEMPERATURE VARIATION. Testing the performance stability of a *function generator* against temperature variations is an important part of quality control for laboratory instrumentation equipment. This study aims to analyze the effect of temperature variations on the stability of output frequency and to identify the characteristics of the *Negative Temperature Coefficient* (NTC) in the internal components of the device. The research uses a quantitative method by measuring the frequency of the *function generator* at 25 temperature increase points within a thermal isolation chamber. The research results show a negative relationship between the increase in the temperature and the output frequency, where the frequency gradually decreases as the temperature rises. These findings indicate that temperature changes effect the frequency stability of the *function generator* and show the influence of NTC characteristics on the internal components of the device. Therefore, temperature control during the operation of the *function generator* needs to be considered to maintain frequency stability and improver the reliability of measurement results.

Keywords: *function generator*, frequency deviation, temperature, NTC thermistor

PENDAHULUAN

Dalam kegiatan praktikum, penelitian, maupun proses kalibrasi di laboratorium, keandalan instrumen elektronik merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas hasil pengukuran. Ketelitian suatu instrumen tidak hanya dipengaruhi oleh spesifikasi alat, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama pengoperasian. Perubahan kondisi lingkungan dapat menyebabkan karakteristik komponen elektronik berubah sehingga memengaruhi kestabilan keluaran instrumen. Oleh karena itu, pengendalian kondisi lingkungan menjadi

salah satu aspek yang perlu diperhatikan untuk menjaga akurasi dan konsistensi hasil pengukuran. Salah satu faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap performa instrumen elektronik adalah suhu [1], [2].

Salah satu instrumen yang banyak digunakan dalam bidang elektronika dan instrumentasi adalah *function generator*. Peralatan ini berfungsi sebagai pembangkit sinyal dengan berbagai bentuk gelombang, seperti gelombang sinus, persegi, maupun segitiga, yang digunakan untuk pengujian rangkaian elektronik, proses kalibrasi, serta kegiatan praktikum di laboratorium. Agar dapat menghasilkan sinyal dengan karakteristik yang sesuai, *function generator* mengandalkan rangkaian osilator yang tersusun atas berbagai komponen semikonduktor. Karakteristik listrik komponen-komponen tersebut dapat berubah akibat peningkatan suhu sehingga memengaruhi kestabilan frekuensi keluaran alat [1], [3]. Pada rangkaian osilator, kenaikan suhu dapat menyebabkan penurunan mobilitas pembawa muatan (*carrier mobility*) pada material semikonduktor. Penurunan mobilitas tersebut mengubah karakteristik kerja rangkaian sehingga periode osilasi menjadi lebih panjang dan frekuensi keluaran mengalami penurunan secara bertahap atau dikenal sebagai *frequency drift* [3]. Fenomena ini menjadi salah satu penyebab berkurangnya kestabilan frekuensi pada berbagai sistem elektronik yang bekerja secara kontinu, terutama apabila instrumen digunakan dalam kondisi lingkungan dengan suhu yang berubah-ubah. Perubahan karakteristik tersebut berkaitan dengan sifat material yang memiliki karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC). Material dengan karakteristik NTC memiliki nilai resistansi yang menurun ketika suhu meningkat [4]. Karakteristik ini dimanfaatkan secara luas pada sensor suhu, sistem pengendalian termal, serta berbagai aplikasi instrumentasi karena memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan temperatur [5]. Penelitian Park dkk. Menunjukkan bahwa termistor berbasis NTC mampu dimanfaatkan sebagai sensor suhu berpresisi tinggi untuk menjaga kestabilan frekuensi *Real-Time Clock* (RTC) hingga mencapai deviasi sekitar ± 2 ppm [6]. Hal tersebut menunjukkan bahwa karakteristik NTC memiliki peran penting dalam sistem yang membutuhkan kestabilan frekuensi tinggi.

Selain dimanfaatkan sebagai sensor suhu, berbagai penelitian juga telah mengembangkan metode kompensasi temperatur untuk meningkatkan kestabilan frekuensi osilator. Islam dkk. menerapkan kompensasi suhu secara *real-time* pada osilator MEMS berbasis *Silicon-on-Insulator* (SOI) menggunakan model regresi linier sehingga kestabilan frekuensi dapat dipertahankan ketika terjadi perubahan suhu lingkungan [7]. Sementara itu, Wang dan Wu mengembangkan metode kompensasi *thermal hysteresis* pada *Temperature-Compensated Crystal Oscillator* (TCXO) sehingga pengaruh perubahan suhu terhadap frekuensi keluaran dapat dikurangi secara signifikan [8]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengaruh suhu terhadap kestabilan frekuensi masih menjadi salah satu permasalahan utama pada berbagai jenis osilator dan instrumen elektronik.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada pemanfaatan termistor NTC sebagai sensor suhu maupun pada pengembangan metode kompensasi temperatur melalui modifikasi perangkat keras atau perangkat lunak [4], [9]. Penelitian yang mengkaji secara langsung pengaruh karakteristik NTC bawaan pada komponen internal suatu instrumen elektronik terhadap perubahan frekuensi keluarannya masih relatif terbatas. Padahal, dalam praktik di laboratorium, instrumen umumnya digunakan dalam kondisi asli tanpa adanya modifikasi rangkaian maupun sistem kompensasi suhu tambahan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh perubahan suhu terhadap kestabilan frekuensi instrumen secara langsung berdasarkan karakteristik komponen internal yang dimiliki. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu terhadap kestabilan frekuensi keluaran *function generator* melalui pendekatan eksperimen kuantitatif deskriptif. Pengujian dilakukan dengan menempatkan *function generator* di dalam *box* ruang kendali suhu sehingga perubahan temperatur dapat dikendalikan selama proses pengambilan data. Variasi suhu diberikan secara bertahap mulai dari suhu ruang normal sebesar 21,6°C hingga suhu maksimum 53,4°C. Pada setiap kenaikan suhu dilakukan pengukuran frekuensi keluaran untuk mengetahui perubahan karakteristik kinerja alat.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pengamatan hubungan antara variasi suhu, deviasi frekuensi tanpa melakukan pembongkaran maupun modifikasi komponen internal alat. Variabel yang dianalisis hanya berupa perubahan suhu, sedangkan faktor lain, seperti kelembapan relatif, lama waktu operasi, serta kondisi catu daya dianggap tetap selama proses pengujian. Analisis dilakukan menggunakan persentase deviasi dan regresi linier untuk mengetahui hubungan antara kenaikan suhu dan perubahan frekuensi keluaran.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara variasi suhu dan kestabilan frekuensi *function generator*, serta mengidentifikasi adanya pengaruh karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC) pada komponen internal berdasarkan perubahan frekuensi yang terjadi selama proses pemanasan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengelola laboratorium dalam menentukan batas suhu operasional, menyusun *Standard Operating Procedure* (SOP) kalibrasi dan pemeliharaan instrumentasi elektronik,

serta menjadi bahan pertimbangan dalam menjaga kestabilan pengukuran pada kegiatan praktikum maupun penelitian.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi suhu terhadap kestabilan frekuensi keluaran *function generator*. Pendekatan eksperimen dipilih karena mampu menggambarkan secara langsung perubahan karakteristik instrumen akibat perlakuan berupa peningkatan suhu secara bertahap. Seluruh proses pengujian dilakukan di dalam *box* ruang kendali suhu sehingga kondisi termal selama pengambilan data dapat dikendalikan dan perubahan parameter keluaran alat dapat diamati secara sistematis.

Objek penelitian berupa satu unit *function generator* yang digunakan sebagai sumber sinyal uji dengan frekuensi acuan sekitar 100 Hz. Peralatan pendukung yang digunakan meliputi *box* ruang kendali suhu sebagai media isolasi termal, *hair dryer* sebagai sumber pemanasan, sensor termokopel digital untuk memantau perubahan suhu di dalam ruang pengujian, serta osiloskop untuk mengamati perubahan frekuensi dan tegangan keluaran selama proses pemanasan berlangsung. Penggunaan sensor suhu sebagai pemantau kondisi termal dilakukan agar suhu di dalam ruang pengujian dapat diamati secara kontinu sehingga setiap perubahan frekuensi dapat dikaitkan dengan suhu aktual yang terjadi selama eksperimen. Prinsip pemantauan suhu secara kontinu tersebut juga banyak diterapkan pada sistem pengukuran temperatur digital maupun sistem kompensasi suhu pada instrumen elektronik modern [10]. Pengambilan data diawali dengan pengukuran kondisi awal (*background*) pada suhu ruang normal sebagai nilai acuan sebelum *function generator* diberikan perlakuan pemanasan. Pengukuran dilakukan pada rentang suhu 21,5°C hingga 21,9°C dengan frekuensi keluaran sekitar 100 Hz. Pada tahap ini dilakukan lima kali pengukuran selama 20 detik untuk memperoleh nilai rata-rata frekuensi, tegangan, dan suhu. Nilai rata-rata tersebut digunakan sebagai kondisi referensi sehingga perubahan karakteristik keluaran alat selama proses pemanasan dapat dibandingkan terhadap kondisi awal pengoperasian. Setelah nilai acuan diperoleh, *function generator* ditempatkan di dalam *box* ruang kendali suhu dan dipanaskan secara bertahap menggunakan *hair dryer* hingga mencapai suhu maksimum sekitar 53,4°C. Selama proses pemanasan, suhu di dalam ruang pengujian dipantau menggunakan sensor termokopel digital, sedangkan perubahan frekuensi keluaran diamati menggunakan osiloskop. Pengambilan data dilakukan pada 25 titik suhu yang meningkat secara bertahap mulai dari 23,4°C hingga 53,4°C. Pada setiap titik suhu dilakukan satu kali pencatatan nilai frekuensi dan tegangan sehingga diperoleh hubungan antara perubahan suhu dan perubahan karakteristik keluaran *function generator*.

Data hasil pengukuran kemudian diolah dengan menghitung nilai persentase deviasi frekuensi pada setiap titik suhu terhadap kondisi awal pengujian. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya perubahan karakteristik keluaran *function generator* akibat peningkatan suhu. Pendekatan analisis deviasi ini mengacu pada penelitian Ananda dan Rachmat [3] mengenai karakteristik termistor NTC, sedangkan analisis hubungan antara suhu dan perubahan frekuensi mengacu pada penelitian Su dkk. [4] mengenai prediksi deviasi frekuensi osilator akibat pengaruh temperatur. Selanjutnya, data hasil pengukuran divisualisasikan dalam bentuk grafik hubungan antara suhu dan frekuensi untuk memperlihatkan kecenderungan perubahan frekuensi selama proses pemanasan. Analisis regresi linier digunakan untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel tersebut serta mengevaluasi tingkat kesesuaian model melalui nilai koefisien determinasi (R^2). Penggunaan regresi linier dalam menganalisis hubungan antara perubahan suhu dan kestabilan frekuensi juga telah diterapkan pada penelitian Islam dkk. [7] dalam pengembangan sistem kompensasi suhu osilator MEMS berbasis *Silicon-on-Insulator* (SOI). Hasil analisis regresi selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi adanya pengaruh karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC) pada komponen internal *function generator* berdasarkan pola perubahan frekuensi yang diperoleh selama proses pemanasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian stabilitas kinerja *function generator* diawali dengan pengambilan data awal (*background*) pada kondisi suhu ruang normal. Pengukuran dilakukan pada rentang suhu 21,5°C hingga 21,9°C untuk memperoleh nilai acuan sebagai pembanding sebelum alat diberikan perlakuan pemanasan. Nilai rata-rata hasil pengukuran digunakan sebagai kondisi awal *function generator*, sehingga perubahan kinerja akibat peningkatan suhu dapat dianalisis dengan lebih jelas. Hasil pengukuran awal ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Cacah Latar Belakang

Suhu (°C)	Tegangan (V)	Frekuensi (kHz)
21,5	50,4	1,033
21,5	51,1	1,0321
21,6	50,4	1,0319
21,6	50,4	1,0309
21,9	51,1	1,03075
Rerata ($\bar{X}_T$) = 21,62	Rerata ($\bar{X}_V$) = 50,68	Rerata ($\bar{X}_f$) = 1,03173

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa pada rentang suhu normal 21,5°C hingga 21,9°C, *function generator* masih menghasilkan frekuensi dan tegangan keluaran yang relatif stabil. Kondisi ini menunjukkan bahwa alat bekerja dengan baik pada suhu ruang sehingga nilai tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam menganalisis perubahan karakteristik selama proses pemanasan. Setelah nilai acuan diperoleh, *function generator* ditempatkan di dalam kotak isolasi dan dipanaskan secara bertahap. Pada penelitian ini, waktu operasi dan kelembapan relatif (*Relative Humidity*) tidak dijadikan variabel pengujian sehingga diasumsikan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengukuran. Dengan demikian, perubahan suhu menjadi satu-satunya variabel bebas yang dianalisis terhadap perubahan kinerja *function generator*. Selanjutnya, persentase deviasi atau penyimpangan kinerja alat dihitung menggunakan Persamaan 1 berikut:

$$\text{Penyimpangan (\%)} = \frac{X_T - X_{T_1}}{X_T} \times 100\% \quad (1)$$

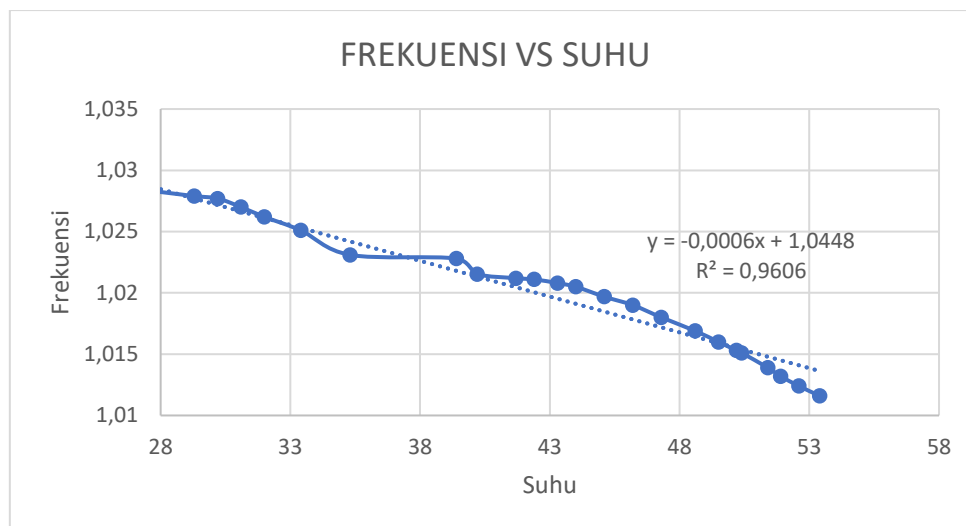
Pada persamaan 1, X_T merupakan unjuk kerja pada temperatur tertentu, sedangkan X_{T_1} merupakan unjuk kerja pada temperatur T_1 .

Analisis persentase deviasi dilakukan pada setiap titik suhu untuk mengetahui perubahan karakteristik *function generator* selama proses pemanasan. Metode analisis ini mengacu pada penelitian Ananda dan Rachmat [3] mengenai karakteristik resistansi termistor NTC, sedangkan analisis hubungan antara perubahan suhu dan deviasi frekuensi mengacu pada penelitian Su dkk. [4] mengenai prediksi penyimpangan frekuensi akibat pengaruh temperatur. Pengujian dilakukan pada 25 titik suhu yang meningkat secara bertahap mulai dari 23,4°C hingga suhu maksimum 53,4°C. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian 25 Titik Pengaruh Suhu terhadap Deviasi Frekuensi

No.	Suhu (°C)	Rerata ($\bar{X}_{f1}$)	Deviasi $\frac{\bar{X}_f - \bar{X}_{f1}}{\bar{X}_f} \times 100\%$
1.	23,4	1,0288	0,2840
2.	27,1	1,0284	0,3228
3.	29,3	1,0279	0,3712
4.	30,2	1,0277	0,3906
5.	31,1	1,027	0,4585
6.	32	1,0262	0,5360
7.	33,4	1,0251	0,6426
8.	35,3	1,0231	0,8365
9.	39,4	1,0228	0,8655
10.	40,2	1,02154	0,9877
11.	41,7	1,0212	1,0206
12.	42,4	1,0211	1,0303
13.	43,3	1,0208	1,0594
14.	44	1,0205	1,0885
15.	45,1	1,01969	1,1670
16.	46,2	1,019	1,2338
17.	47,3	1,018	1,3308
18.	48,6	1,0169	1,4374
19.	49,5	1,016	1,5246
20.	50,2	1,0153	1,5925
21.	50,4	1,0151	1,6119
22.	51,4	1,0139	1,7282
23.	51,9	1,0132	1,7960
24.	52,6	1,0124	1,8736
25.	53,4	1,0116	1,9511

Data hasil pengujian pada Tabel 2 kemudian diolah dan divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk memperjelas hubungan antara kenaikan suhu dan perubahan frekuensi *function generator*. Penyajian grafik mempermudah pengamatan terhadap kecenderungan perubahan frekuensi dibandingkan hanya melalui data dalam bentuk tabel. Hasil visualisasi tersebut ditunjukkan pada Grafik 1.



Grafik 1. Hubungan Kenaikan Suhu terhadap Penurunan Frekuensi *Function Generator*

Berdasarkan data pada Tabel 2 dan visualisasinya pada Grafik 1, terlihat bahwa frekuensi keluaran *function generator* mengalami penurunan secara bertahap seiring dengan meningkatnya suhu. Seluruh titik pengukuran menunjukkan tren yang konsisten tanpa adanya lonjakan nilai yang signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan negatif antara suhu dan frekuensi keluaran *function generator*. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu memberikan pengaruh terhadap stabilitas frekuensi alat selama proses pengujian.

Pada tahap awal pengujian dari titik 1 hingga titik 9, frekuensi mengalami penurunan dari 1,0288 kHz pada suhu 28,4°C menjadi 1,0228 kHz pada suhu 39,4°C. Pada rentang suhu ini, nilai deviasi masih berada di bawah 1%, dengan deviasi maksimum sebesar 0,8655%. Memasuki tahap berikutnya yaitu dari titik 10 hingga titik 17, penurunan frekuensi menjadi lebih besar hingga nilai deviasi melewati 1% pada suhu 41,7°C, yaitu sebesar 1,0206%. Selanjutnya, pada tahap akhir pengujian yaitu dari titik 18 hingga titik 25, frekuensi terus menurun hingga mencapai 1,0116 kHz pada suhu 53,4°C, dengan deviasi maksimum sebesar 1,9511%.

Hasil analisis regresi linier pada Grafik 1 menghasilkan persamaan $y = -0,0006x + 1,0448$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9606$. Nilai gradien sebesar -0,0006 menunjukkan bahwa setiap kenaikan suhu sebesar 1°C menyebabkan frekuensi keluaran *function generator* menurun sekitar 0,0006 kHz. Sementara itu, nilai $R^2 = 0,9606$ menunjukkan bahwa model regresi linier mampu menjelaskan sekitar 96,06% variasi perubahan frekuensi berdasarkan perubahan suhu, sedangkan 3,94% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dianalisis dalam penelitian ini, seperti toleransi komponen elektronik, gangguan pengukuran, maupun kondisi lingkungan lainnya. Nilai koefisien determinasi yang mendekati 1 menunjukkan bahwa hubungan antara suhu dan frekuensi memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap model regresi linier.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu lingkungan, semakin besar penurunan frekuensi yang terjadi pada *function generator*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kestabilan frekuensi keluaran alat. Fenomena tersebut sejalan dengan penelitian Zhang dan Wei [5], Su dkk. [4], serta Patrinos dan Souliotis [9], yang menjelaskan bahwa peningkatan suhu dapat memengaruhi karakteristik rangkaian osilator sehingga frekuensi keluarannya mengalami penurunan (*frequency drift*). Peningkatan suhu menyebabkan perubahan karakteristik material semikonduktor dan komponen internal rangkaian, sehingga periode osilasi menjadi lebih panjang dan frekuensi yang dihasilkan semakin rendah. Selain itu, hasil penelitian ini juga sejalan dengan Ananda dan Rachmat [3] serta Bodic dkk. [11] yang menyatakan bahwa material dengan karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC) akan mengalami perubahan karakteristik listrik seiring dengan peningkatan suhu. Karakteristik tersebut banyak dimanfaatkan pada sensor suhu dan sistem pengendalian karena memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan temperatur. Penelitian Park dkk. [6]

menunjukkan bahwa termistor NTC dapat dimanfaatkan sebagai sensor suhu berpresisi tinggi untuk menjaga kestabilan frekuensi *Real-Time Clock* (RTC). Sementara itu, Islam dkk. [7] melaporkan bahwa penerapan kompensasi suhu pada osilator MEMS berbasis *Silicon-on-Insulator* (SOI) mampu meningkatkan kestabilan frekuensi ketika terjadi perubahan temperatur. Penelitian Wang dan Wu [8] juga menunjukkan bahwa kompensasi terhadap *thermal hysteresis* pada *Temperature-Compensated Crystal Oscillator* (TCXO) dapat mengurangi penyimpangan frekuensi akibat perubahan suhu. Hasil-hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa pengaruh suhu terhadap kestabilan frekuensi merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan pada berbagai sistem osilator maupun instrumen elektronik.

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menerapkan sensor maupun metode kompensasi suhu, penelitian ini berfokus pada pengamatan perubahan frekuensi *function generator* tanpa melakukan modifikasi pada perangkat keras. Pola penurunan frekuensi yang terjadi secara konsisten pada setiap kenaikan suhu, didukung oleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,9606, menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara peningkatan suhu dan perubahan frekuensi keluaran. Meskipun penelitian ini tidak mengukur nilai resistansi NTC secara langsung, hasil pengujian mengindikasikan bahwa karakteristik NTC pada komponen internal *function generator* diduga turut berkontribusi terhadap penurunan kestabilan frekuensi ketika alat bekerja pada suhu yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa suhu lingkungan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kestabilan frekuensi *function generator*. Oleh karena itu, pengendalian suhu selama pengoperasian alat perlu diperhatikan, terutama pada kegiatan praktikum, kalibrasi, dan pengujian yang memerlukan ketelitian frekuensi yang tinggi. Penerapan sistem pengendalian suhu, seperti penggunaan ruang berpendingin, pemantauan suhu secara berkala, serta penyusunan *Standard Operating Procedure* (SOP) terkait batas suhu operasional, dapat membantu menjaga kestabilan kinerja alat. Upaya tersebut sejalan dengan berbagai penelitian pada bidang instrumentasi elektronik yang memanfaatkan sistem monitoring suhu [12], modul pendingin (*cooler*) [13], dan sistem sirkulasi udara menggunakan kipas pendingin (*fan*) [14] untuk meminimalkan pengaruh kenaikan suhu terhadap performa peralatan. Dengan demikian, deviasi frekuensi akibat perubahan suhu dapat dikurangi sehingga *function generator* mampu menghasilkan keluaran yang lebih stabil dan akurat.

KESIMPULAN

Karya tulis ilmiah ini menganalisis pengaruh variasi suhu terhadap stabilitas frekuensi keluaran *function generator* untuk mengidentifikasi karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC) pada komponen elektronika. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan analisis regresi linier melalui perbandingan frekuensi keluaran pada suhu awal dan frekuensi pada berbagai tingkat pemanasan. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan linier negatif antara suhu dan frekuensi keluaran, yang ditunjukkan oleh persamaan regresi $y = -0,0006x + 1,0448$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9606$. Deviasi frekuensi maksimum sebesar 1,9511% pada suhu 53,4°C mengindikasikan bahwa peningkatan suhu menurunkan kestabilan frekuensi *function generator*. Nilai koefisien determinasi yang tinggi menunjukkan bahwa perubahan suhu memiliki hubungan yang kuat terhadap perubahan frekuensi keluaran selama proses pengujian. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa karakteristik komponen internal *function generator* dipengaruhi oleh peningkatan suhu sehingga kestabilan frekuensi alat mengalami penurunan. Temuan ini memperkuat bahwa pengendalian suhu merupakan salah satu aspek penting dalam menjaga akurasi dan konsistensi kinerja *function generator*, terutama pada kegiatan praktikum, kalibrasi, maupun pengujian yang membutuhkan ketelitian frekuensi tinggi. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam menentukan batas suhu operasional agar performa *function generator* tetap stabil selama digunakan. Oleh karena itu, pengendalian suhu selama pengoperasian alat perlu diperhatikan agar kestabilan frekuensi dan keandalan hasil pengukuran tetap terjaga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penutup ini penulis sampaikan sebagai ungkapan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian dan penulisan karya tulis mengenai Analisis Karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC) pada *Function Generator* Berdasarkan Deviasi Frekuensi terhadap Variasi Suhu. Penulis menyampaikan kepada dosen pembimbing, para ahli, praktisi, serta institusi yang telah memberikan dukungan berupa data, wawasan, dan arahan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada keluarga dan teman-teman atas dukungan moral yang senantiasa diberikan selama proses pembuatan makalah ini. Semoga makalah ini dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan pemahaman terkait isu-isu yang relevan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ramadhani and S. I. Haryudo, "Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Udara Terhadap Efektifitas Panel Surya Berbasis IOT ESP32," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 2024, no. 19, pp. 774–783, doi: 10.5281/zenodo.14488001.
- [2] E. Supriyadi, M. Febriansyah, and D. Suekowani, "ANALISA PENGARUH SUHU PADA LOW VOLTAGE POWER SUPPLY PS2 DI CDU (CONTROL DISPLAY UNIT)."
- [3] M. Dwi Ananda and H. Handian Rachmat, "Evaluasi Karakteristik Resistansi Sensor NTC W1209 10K Diseminasi FTI-1."
- [4] B. C. Su, D. H. Nguyen, and P. C. P. Chao, "Predicting frequency deviation of a crystal oscillator based on long short-term memory network and transfer learning technique," *Microsystem Technologies*, vol. 31, no. 5, pp. 1175–1189, May 2025, doi: 10.1007/s00542-024-05691-2.
- [5] D. Zhang and X. Wei, "Temperature Compensation in CMOS Ring Oscillator," 2022.
- [6] P. Park, D. Ruffieux, and K. A. A. Makinwa, "A thermistor-based temperature sensor for a real-time clock with ± 2 ppm frequency stability," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 50, no. 7, pp. 1571–1580, Jul. 2015, doi: 10.1109/JSSC.2015.2417806.
- [7] M. S. Islam, R. Wei, J. Lee, Y. Xie, S. Mandal, and P. X. L. Feng, "A Temperature-compensated single-crystal silicon-on-insulator (SOI) MEMS oscillator with a CMOS amplifier chip," *Micromachines (Basel)*, vol. 9, no. 11, Oct. 2018, doi: 10.3390/mi9110559.
- [8] Z. Wang and J. Wu, "A method to increase the frequency stability of a tcxo by compensating thermal hysteresis," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 23, pp. 1–16, Dec. 2020, doi: 10.3390/s20236812.
- [9] D. Patrinos and G. Souliotis, "A Low-Voltage, Low-Power 2.5 GHz Ring Oscillator with Process and Temperature Compensation," *Journal of Low Power Electronics and Applications*, vol. 15, no. 3, Sep. 2025, doi: 10.3390/jlpea15030052.
- [10] R. Schackmann, "How to Read and Interpret Digital Temperature Sensor Output Data," 2025. [Online]. Available: www.ti.com
- [11] M. Z. Bodić, S. O. Aleksić, V. M. Rajs, M. S. Damnjanović, and M. G. Kisić, "Thermally Coupled NTC Chip Thermistors: Their Properties and Applications," *Sensors*, vol. 24, no. 11, Jun. 2024, doi: 10.3390/s24113547.
- [12] K. Panas Pada Kompor Listrik Berbasis Arduino, D. Agus Permadi, and G. Asrofi Buntoro, "Monitoring Sistem," *Seminar Nasional Fortei Regional*, vol. 7.
- [13] Renita Comalasari Dewi Simanjuntak, Diana Alia, Henna Nurdiansari, and Elly Kusumawati, "Rancang Bangun Cooler Box Portable Menggunakan Peltier," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 4, pp. 24–48, Sep. 2024, doi: 10.55606/jtmei.v3i4.4327.
- [14] B. Supriyanto *et al.*, "OPTIMASI SISTEM KENDALI ELECTRIC FAN RUBAHAN SISTEM VISCOUS PADA PENDINGIN MESIN JEEP MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI," 2026. [Online]. Available: <http://ejournal.uika-bogor.ac.id>