

Sweat Truth: Detect Lies Through Your Skin

Mutiara Putri Afrita, Muhammad Fattah, Crystaly, Nathaniel Chrissy

Teknik Biomedik, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jalan Prof. Dr. Ir R Roosseno, Depok, 16425, Indonesia

E-mail: mutiaraara1505@gmail.com, muhmmadfattah23@gmail.com, crystalv096@gmail.com
nathaniel191000@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan rangkaian sederhana pendekripsi kebohongan berbasis respons elektrodermal. Sistem ini menggunakan komparator op-amp untuk membandingkan perubahan resistansi kulit yang dihasilkan oleh stres atau ketegangan emosional, serta memanfaatkan FET (Field-Effect Transistor) sebagai switch dalam pengolahan sinyal. Rangkaian ini dirancang untuk mendekripsi perubahan kecil dalam resistansi kulit secara akurat, yang kemudian diproses menjadi sinyal yang dapat dianalisis. Dengan menggunakan komponen dasar ini, sistem dapat mendekripsi kebohongan secara efektif dalam pengaturan yang lebih sederhana. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem pendekripsi kebohongan yang lebih sederhana namun tetap efektif, serta memberikan wawasan tentang penerapan elektronika analog dalam analisis fisiologis.

Abstract

This study aims to design and develop a simple lie detection circuit based on electrodermal response. The system utilizes an op-amp comparator to detect changes in skin resistance caused by stress or emotional tension and employs a Field-Effect Transistor (FET) as a switch in signal processing. The circuit is designed to accurately detect subtle changes in skin resistance, which are then processed into analyzable signals. By using these basic components, the system effectively detects lies in a simplified setup. The findings of this research are expected to contribute to the development of more straightforward yet effective lie detection systems and provide insights into the application of analog electronics in physiological analysis.

Kata Kunci: Pendekripsi Kebohongan, Op-Amp, Komparator Tegangan, Field-Effect Transistor, Resistansi Kulit

I. Pendahuluan

Lie detector, atau alat pendeteksi kebohongan, sering kali diasosiasikan dengan permainan dan hiburan semata, seperti alat yang digunakan untuk keisengan dalam pesta atau acara santai. Namun, jika ditelusuri lebih dalam, teknologi ini memiliki peran yang jauh lebih serius dan profesional di berbagai bidang. Dalam dunia investigasi kriminal, misalnya, lie detector digunakan untuk membantu mengidentifikasi apakah seseorang mengatakan kebenaran selama interogasi. Dalam wawancara pekerjaan, alat ini dapat menjadi bagian dari evaluasi psikologi untuk memahami kejujuran kandidat dalam menjawab pertanyaan. Selain itu, dalam penelitian psikologi, lie detector digunakan untuk menganalisis respons emosional sederhana lie detector yang memanfaatkan prinsip ini, dengan menggunakan op-amp seseorang terhadap berbagai rangsangan, memberikan wawasan mendalam tentang perilaku manusia.

Dalam konteks profesional, lie detector bekerja dengan mendeteksi perubahan fisiologis yang terjadi ketika seseorang berada di bawah tekanan emosional, seperti ketika berbohong. Perubahan fisiologis ini meliputi peningkatan detak jantung, perubahan tekanan darah, dan, yang menjadi fokus dalam rangkaian sederhana yang akan dibahas dalam makalah ini, peningkatan aktivitas kelenjar keringat. Ketika seseorang merasa cemas atau tidak jujur, tubuh mereka secara alami merespons dengan memproduksi lebih banyak keringat, yang berdampak pada resistansi kulit.

Makalah ini bertujuan untuk membahas perancangan rangkaian sederhana lie detector yang memanfaatkan prinsip dasar perubahan resistansi kulit akibat produksi keringat. Ketika kulit dalam keadaan kering, resistansinya sangat tinggi, dapat mencapai sekitar 1 juta ohm (1 megaohm). Namun, ketika seseorang berkeringat, resistansi kulit mereka turun secara signifikan, bahkan hingga 10 kali lipat atau lebih kecil. Perubahan resistansi ini dapat dimanfaatkan sebagai indikator untuk mendeteksi adanya kemungkinan kebohongan. Dalam proyek ini, dirancang rangkaian OpAmp sebagai komparator, LED sebagai indikator, dan FET sebagai *switch*.

II. Tinjauan Teoritis

❖ Prinsip Kerja Lie Detector Berbasis Resistansi Kulit

Lie detector, atau alat pendeteksi kebohongan, memanfaatkan perubahan fisiologis tubuh yang terjadi saat seseorang mengalami tekanan emosional, seperti saat berbohong. Salah satu parameter fisiologis utama yang diukur adalah perubahan

resistansi kulit, yang dipengaruhi oleh aktivitas kelenjar keringat. Ketika seseorang merasa cemas atau berbohong, tubuhnya memproduksi lebih ,keringat ini mengurangi resistansi kulit secara signifikan:

- Kulit Kering: Resistansi kulit tinggi, bisa mencapai $1 \text{ M}\Omega$ atau lebih.
- Kulit Berkeringat: Resistansi kulit turun hingga $10 \text{ k}\Omega$ atau lebih rendah.

Prinsip ini digunakan untuk mendeteksi kebohongan melalui pengukuran resistansi kulit, yang kemudian dikonversi menjadi tegangan listrik yang dapat diproses oleh rangkaian elektronik.

❖ Op-Amp Sebagai Komparator dan Amplifier

Operational Amplifier (Op-Amp) adalah komponen elektronika analog yang memiliki gain (penguatan) tinggi. Komponen ini digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti penguat sinyal, pengolah data analog, dan pengendali sistem. Dalam rangkaian lie detector, Op-Amp berfungsi sebagai **komparator**.

- Komparator:

Cara kerja OpAmp sebagai Kompararor adalah membandingkan kedua input yang diberikan pada OpAmp dimana pada rangkaian ini tegangan positif adalah tegangan probe nya sementara tegangan negatif merupakan tegangan negatif. Dalam rangkaian lie detector:

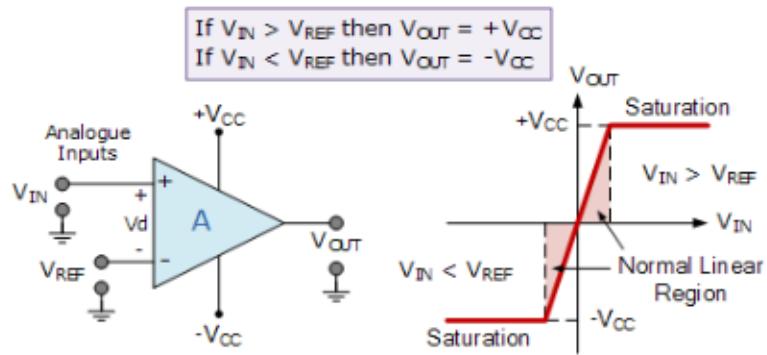
- Tegangan referensi (V_{ref}) dihasilkan oleh pembagi tegangan dengan resistor (R_a dan R_b):

$$V_{ref} = V_{cc} \cdot \frac{R_a}{R_a + R_b}$$

- Tegangan probe (V_{probe}) adalah hasil konversi resistansi kulit menjadi tegangan listrik.

Kondisi keluaran Op-Amp:

- Jika $V_{probe} > V_{ref}$, maka V_{out} menjadi HIGH.
- Jika $V_{probe} < V_{ref}$, maka V_{out} menjadi LOW.



Gambar 1. OpAmp sebagai Komparator

- **MOSFET sebagai switch**

IRFZ44N adalah jenis **N-channel MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)** yang digunakan secara luas sebagai saklar elektronik dalam berbagai aplikasi. MOSFET memiliki tiga terminal utama:

- **Gate (G):** Terminal kontrol untuk mengaktifkan atau menonaktifkan arus antara drain dan source.
- **Drain (D):** Terminal tempat arus masuk dari beban.
- **Source (S):** Terminal tempat arus keluar menuju ground.

Sebagai saklar, MOSFET ini dikendalikan oleh tegangan pada terminal gate (VGS), yang menentukan apakah MOSFET berada dalam kondisi **ON** (konduktif) atau **OFF** (non-konduktif).

Kondisi OFF (Cut-off Region):

- Jika $V_{GS} < V_{th}$ (tegangan ambang MOSFET), maka tidak ada saluran konduksi antara drain dan source.
- Dalam kondisi ini, resistansi antara drain dan source (R_{DS}) sangat tinggi, sehingga arus tidak mengalir. MOSFET dianggap **OFF**.

Kondisi ON (Saturation Region):

- Jika $VGS > V_{th}$, MOSFET akan masuk ke mode konduksi, memungkinkan arus mengalir dari drain ke source.
- Resistansi antara drain dan source ($RDS(on)$) sangat rendah, sehingga arus besar dapat mengalir tanpa penurunan tegangan yang signifikan. MOSFET dianggap **ON**.

III. Metode Penelitian

A. Material

1. BreadBoard

media untuk merangkai alat lie detector.

2. Jumper (kabel)

penghubung antar komponen di rangkaian ini dan mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik lainnya dalam rangkaian.

3. OpAmp

Pada rangkaian ini, OpAmp memiliki dua fungsi. fungsi pertama merupakan komparator, yaitu membandingkan dua tegangan input yaitu V_{in+} yang merupakan input probe dan tegangan referensi yaitu V_{in-} atau V_{ref} dan outputnya bergantung dari perbandingan dua input tersebut.

4. N-channel MOSFET (IRFZ44N)

di rangkaian ini, MOSFET berguna sebagai switch yang dikendaliin dari output OpAmp. dari switch ini akan menjadi gerbang logika NOT (inverter_

5. Resistor

Menyesuaikan atau membatasi arus dalam rangkaian agar komponen tidak rusak. Contoh kegunaannya:

- Voltage Divider: Resistor digunakan untuk membuat tegangan referensi (V_{ref}) atau untuk input probe (V_{in+})
- Untuk membatasi arus menuju LED agar tidak melebihi batas maksimum.

6. LED

Pada Rangkaian ini, LED berguna sebagai indikator hasil output dimana apabila kondisi normal yaitu (low), maka lampu hijau akan menyala. sementara apabila kondisi bohong (high), maka lampu merah akan menyala.

7. Buzzer

Buzzer berguna untuk indikasi apabila kondisi rangkaian tersebut berada dalam kondisi high atau kondisi bohong bersama dengan nyalanya lampu merah.

8. Power supply DC

Sebagai sumber energi agar rangkaian yang telah dibuat bisa bekerja.

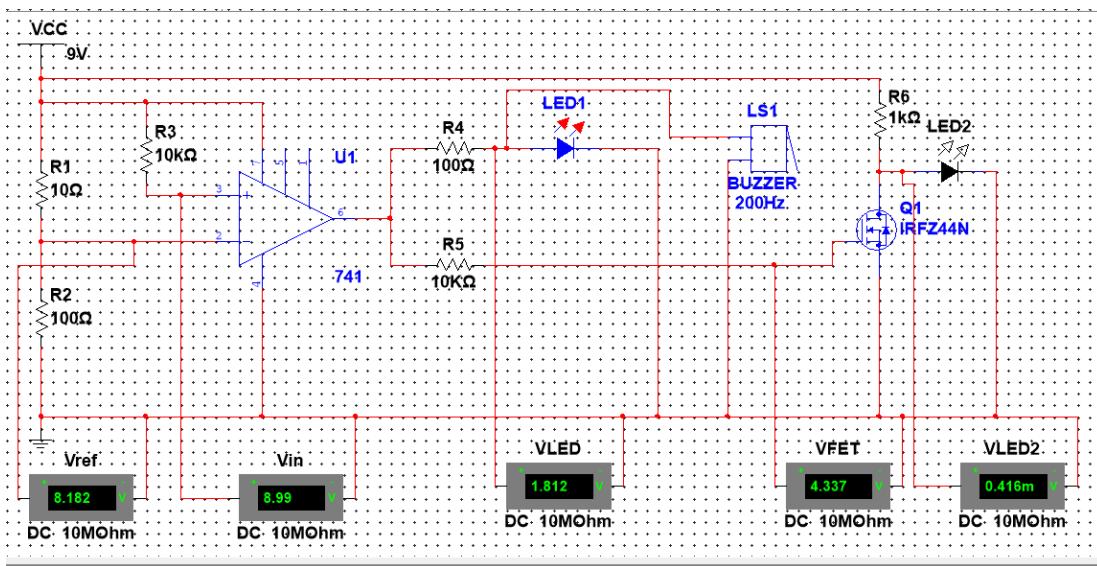
B. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dengan memahami prinsip perubahan resistansi kulit akibat produksi keringat sebagai respons fisiologis terhadap tekanan emosional. Perancangan rangkaian dimulai dengan simulasi menggunakan perangkat lunak Proteus dan Multisim untuk memastikan fungsi komponen seperti op-amp sebagai komparator, LED sebagai indikator visual, dan FET sebagai saklar elektronik. Setelah simulasi berhasil, rancangan diterapkan pada breadboard untuk pengujian fisik. Dalam pengujian, resistansi tinggi digunakan untuk merepresentasikan kondisi "true," sementara resistansi rendah untuk kondisi "lie." Mekanisme deteksi didasarkan pada tegangan masukan (V_{in}) dibandingkan dengan tegangan referensi (V_{ref}): jika $V_{in} > V_{ref}$, kondisi dianggap "lie" dan LED merah menyala; jika $V_{in} < V_{ref}$, kondisi dianggap "true" dan LED hijau menyala. Evaluasi dilakukan untuk mengukur sensitivitas dan akurasi prototipe dalam mendeteksi perubahan resistansi.

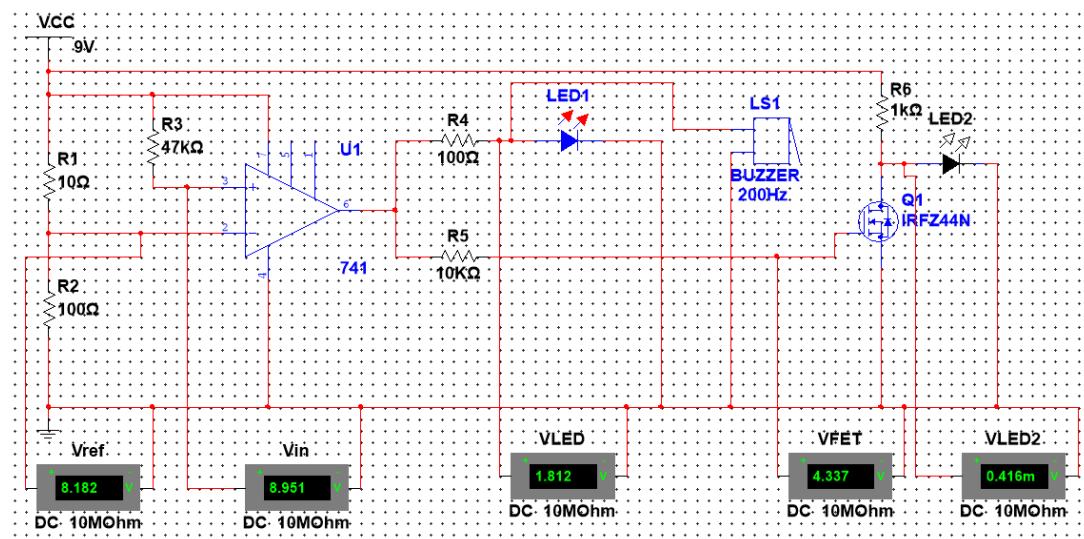
IV. Hasil Penelitian

1. Rangkaian dan Simulasi pada NI Multisim 14.1

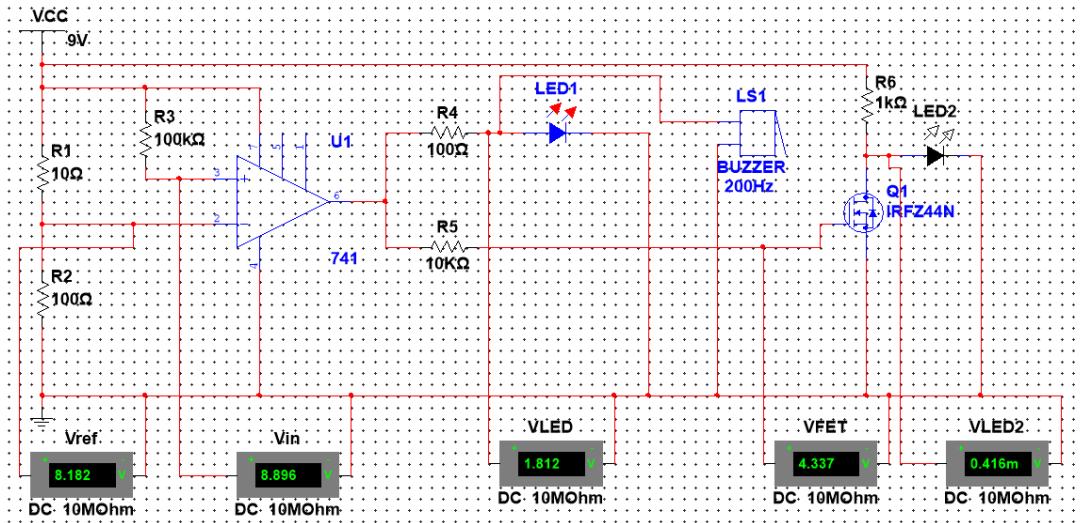
Hasil akhir rangkaian Lie Detector pada NI Multisim 14.1 dapat dilihat pada Gambar 3 hingga Gambar 8. Gambar 3 hingga 7 menunjukkan simulasi rangkaian saat terdeteksi kebohongan (R_3 menjadi $10k\Omega$, $47k\Omega$, $100k\Omega$, $500k\Omega$, dan $900k\Omega$). Gambar 8 menunjukkan simulasi rangkaian saat tidak terdeteksi kebohongan di mana jari sangat kering ($R_3 = 1M\Omega$). Tabel 1 meringkas nilai input dan output dari komponen-komponen yang dipakai.



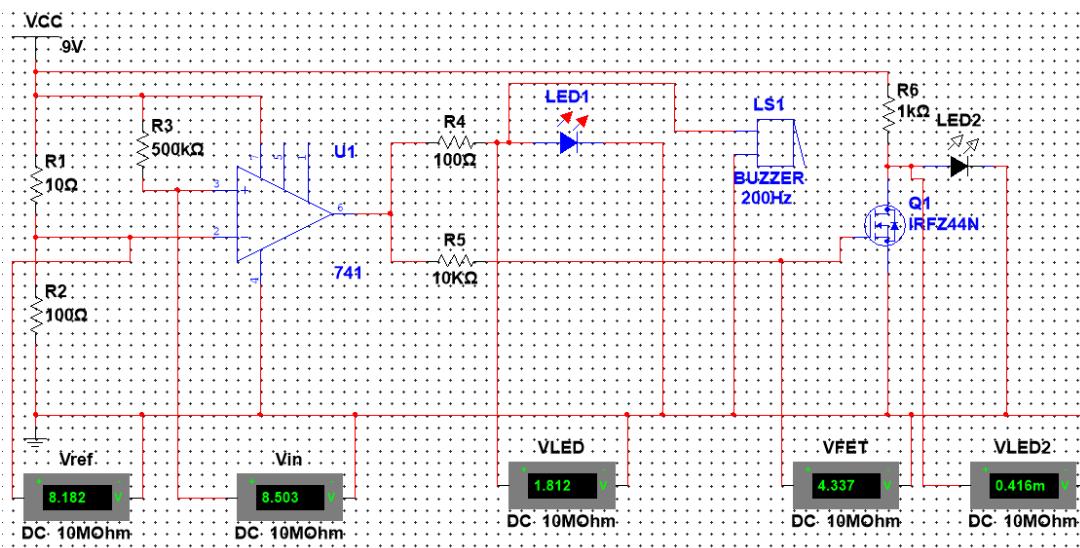
Gambar 2. Simulasi Rangkaian saat R_3 $10\text{k}\Omega$



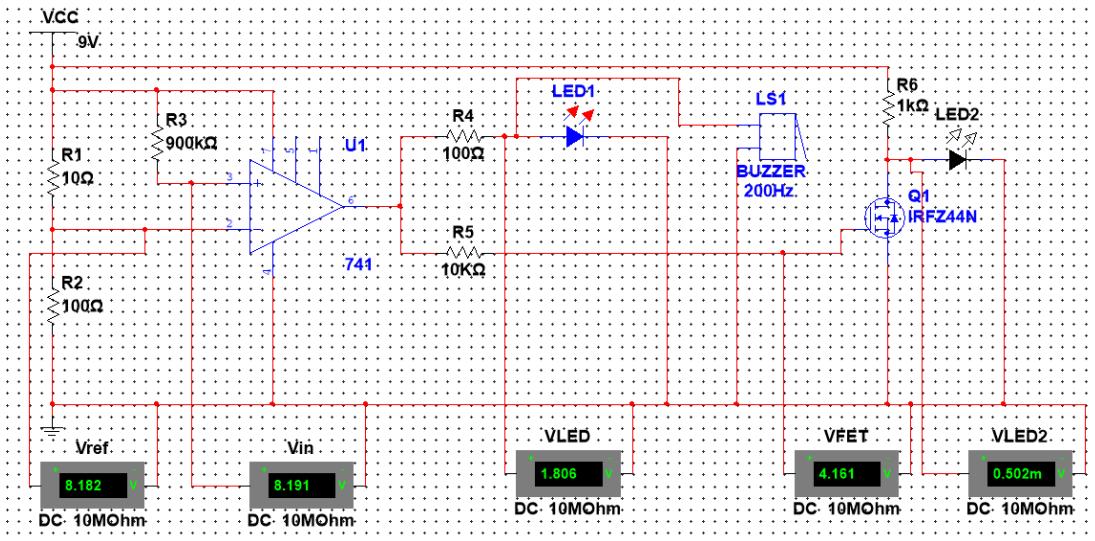
Gambar 3. Simulasi Rangkaian Saat R_3 $47\text{k}\Omega$



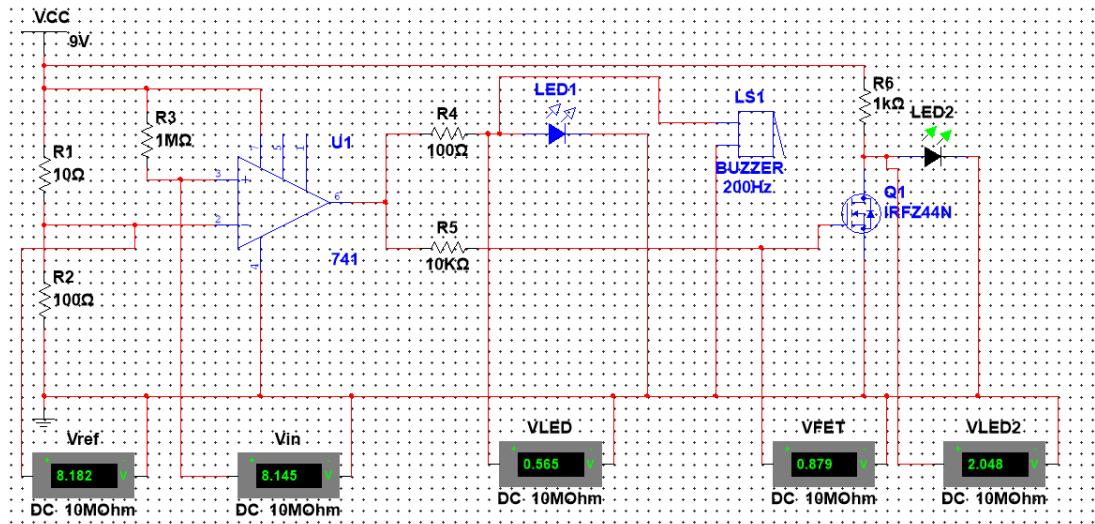
Gambar 4. Simulasi Rangkaian Saat R3 100kΩ



Gambar 5. Simulasi Rangkaian Saat R3 500kΩ



Gambar 6. Simulasi Rangkaian Saat R_3 $900\text{k}\Omega$



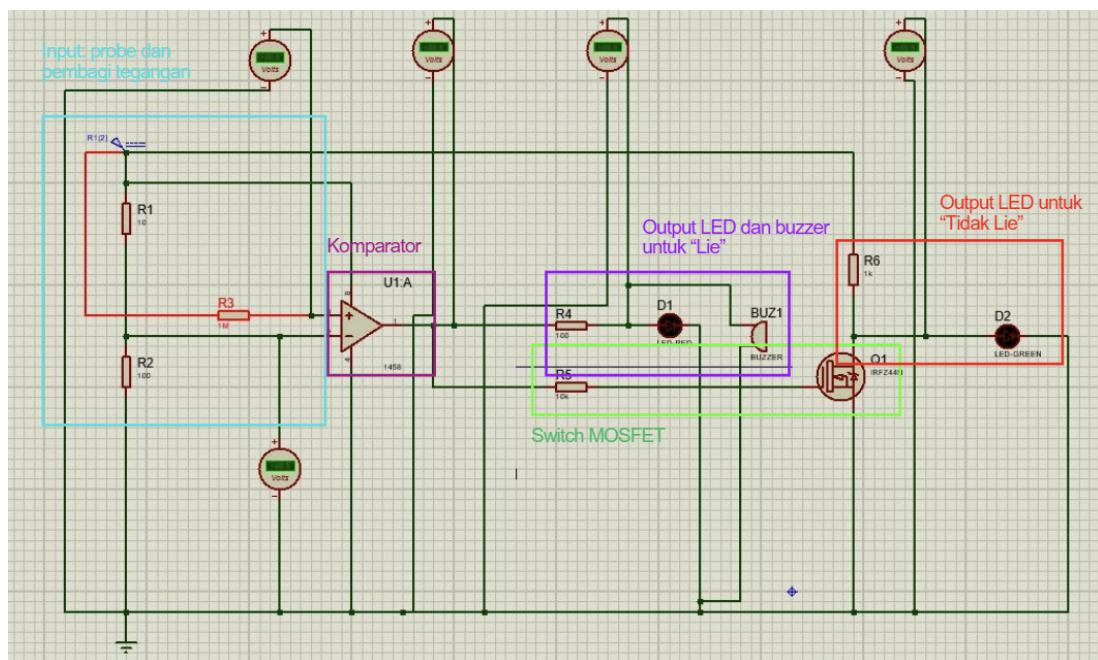
Gambar 7. Simulasi Rangkaian Saat R_3 $1\text{M}\Omega$

Tabel 1. Nilai Tegangan pada Input dan Output Komponen yang Digunakan

Nilai R dari Probe (Ω)	Input Non-inverting (V)	Input Inverting (V)	Output Op-Amp Komparator (V)	Input LED 1 (Merah)/Buzzer (V)	Input MOSFET ET (V)	Input LED 2 (Hijau) (V)	Kondisi
10k	8,99	8,182	4,201	1,812	4,337	0,416m	Lie (LED 1 hidup, 2 mati)
47k	8,951	8,182	4,201	1,812	4,337	0,416m	Lie (LED 1 hidup, 2 mati)

100k	8,896	8,182	4,201	1,812	4,337	0,416m	Lie (LED 1 hidup, 2 mati)
500k	8,503	8,182	4,201	1,812	4,337	0,416m	Lie (LED 1 hidup, 2 mati)
900k	8,191	8,182	4,199	1,806	4,161	0,502m	Lie (LED 1 hidup, 2 mati)
1M	8,145	8,182	0,842	0,565	0,879	2,048	Tidak Lie (LED 1 mati, 2 hidup)

Berikut kami juga membuat rangkaian pada Proteus dengan keterangan setiap bagiannya.

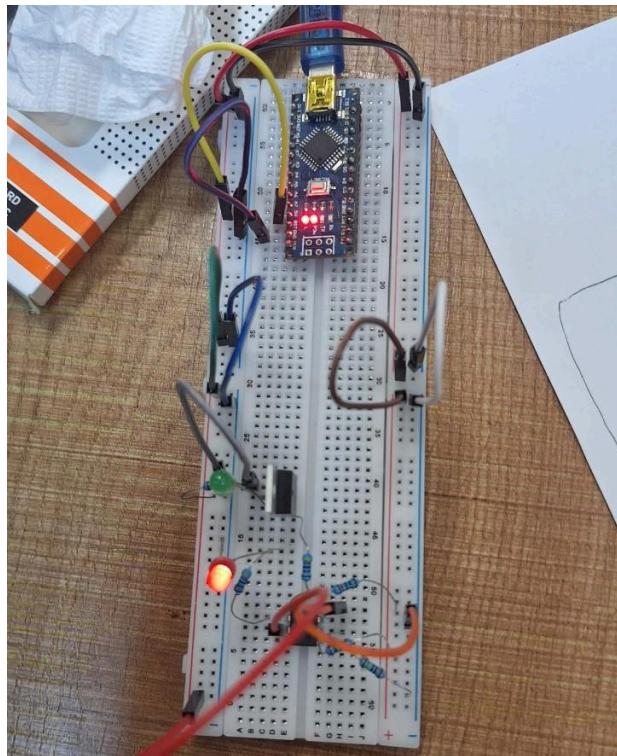


Gambar 8. Gambar Rangkaian pada Proteus yang dilengkapi dengan Keterangan Bagian-Bagiannya

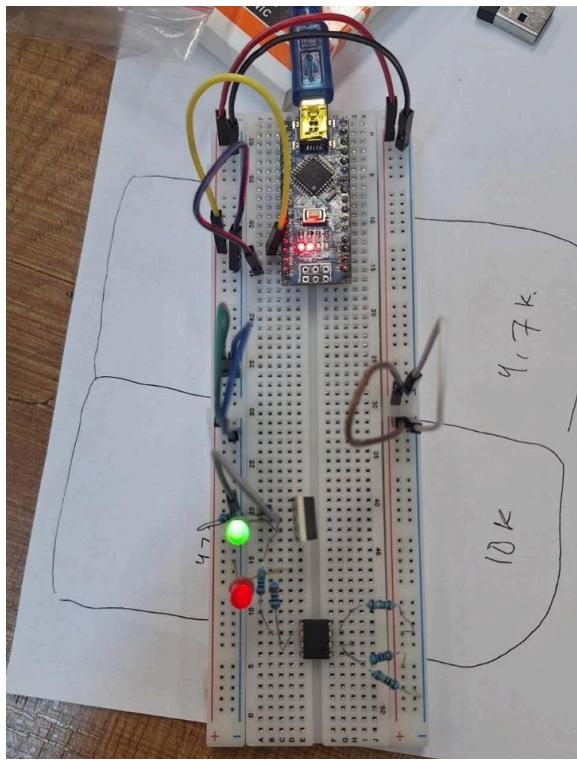
2. Rangkaian Fisik

Rangkaian fisik dibuat mengikuti rangkaian yang dibuat pada Ni Multisim 14.1. Namun, rangkaian fisik yang kami buat adalah rangkaian yang belum dipasangkan buzzer dan masih mengikuti rangkaian Ni Multisim 14.1 sebelumnya yang salah. Foto

rangkaian fisik dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10. Hasil yang didapatkan adalah LED merah menyala saat $R_3 = 10\text{k}\Omega$ dan LED hijau menyala saat $R_3 = 1\text{M}\Omega$. Kedua LED tidak menyala bersamaan. Namun, hasil ini kami anggap tidak valid mengingat kami belum menggunakan buzzer.



Gambar 10. Foto Rangkaian Fisik saat Terdeteksi Kebohongan



Gambar 11. Foto Rangkaian Fisik saat Tidak Terdeteksi Kebohongan

Selanjutnya, kami akan membuat rangkaian fisik yang telah sesuai dengan rangkaian Ni Multisim 14.1 yang benar dan menggunakan buzzer.

V. Pembahasan

1. R3 sebagai Probe

R3 mewakili resistansi kulit pengguna. Ketika pengguna tidak berkeringat, resistansinya tinggi ($\pm 1 \text{ M}\Omega$) dan ketika berkeringat (saat berbohong), resistansinya turun menjadi $\pm 10 \text{ k}\Omega$. Perubahan resistansi pada R3 memengaruhi tegangan input non-inverting (+) pada op-amp.

2. Op-Amp (LM741AH sebagai Komparator)

Op-amp membandingkan tegangan di terminal non-inverting (+) dan inverting (-). Output op-amp akan tinggi (mendekati Vcc) jika tegangan di terminal non-inverting (+) lebih besar dari inverting (-), dan akan rendah (mendekati 0 V) jika tegangan di terminal non-inverting (+) lebih kecil dari inverting (-). Namun, output dari op-amp pada percobaan ini sekitar 4,2V dan 0,842V karena adanya R4 dan R5 yang terhubung ke output.

3. Proses antara R1 (10Ω) dan R2 (100Ω) dengan R3

R1 dan R2 membentuk pembagi tegangan, menghasilkan tegangan referensi di terminal inverting (-) op-amp. Tegangan di terminal non-inverting (+) bergantung pada resistansi R3. Ketika R3 kecil (berkerengat), tegangan di terminal non-inverting (+) meningkat.

4. Output Op-Amp ke LED Merah (LED 1) dan Buzzer

Jika pengguna berkerengat ($R3 = 10 \text{ k}\Omega - 900 \text{ k}\Omega$), tegangan output op-amp "tinggi" (namun seiring naiknya R3, semakin rendah), mengalirkan arus melalui R4 (100Ω) ke LED merah (LED 1) dan buzzer. LED merah dan buzzer menyala, menunjukkan pengguna "berbohong." Dibutuhkan minimal 1,76 V untuk menghidupkan LED dan 1,5 V untuk buzzer (terpenuhi).

5. MOSFET NPN (IRFZ44N) dan LED Hijau (LED 2)

MOSFET berfungsi sebagai saklar untuk LED hijau. Tegangan gate MOSFET dikontrol oleh output op-amp. Jika $R3 = 1 \text{ M}\Omega$ (tangan kering), output op-amp rendah, MOSFET mati, dan LED hijau menyala melalui R6 ($1 \text{ k}\Omega$). Jika R6 terlalu kecil dan output MOSFET melebihi tegangan yang bisa diterima LED 2, LED 2 bisa rusak. Jika R6 terlalu besar LED 2 tidak bisa menyala karena tegangan pada anodanya kurang dari 1,76 V.

6. Cara Kerja MOSFET sebagai saklar

MOSFET aktif (menghantarkan arus) jika tegangan gate melebihi tegangan threshold (2–4 V untuk IRFZ44N). Ketika aktif, arus mengalir dari drain ke source, dan LED hijau mati karena jalur arusnya terhubung ke ground melalui MOSFET. MOSFET mati (tidak menghantarkan arus) jika tegangan gate di bawah threshold voltage. Dalam kondisi ini, LED hijau menyala karena jalurnya tidak lagi dipotong oleh MOSFET.

7. Perhitungan Tegangan Input dengan Rumus

Tegangan non-inverting dan inverting dihitung menggunakan rumus pembagi tegangan:

$$V_+ = V_{cc} * (R3/(R1 + R3))$$

$$V_- = V_{cc} * (R2/(R1 + R2))$$

Dari rumus ini, semakin besar R3, semakin kecil nilai V+ hingga akhirnya lebih kecil dari V- dan output op-amp menjadi mendekati 0 V. Nilai V- selalu tetap karena nilai R1 dan R2 tidak berubah.

8. Analisis antara Output Op-amp dengan Input LED 1/Buzzer dan MOSFET

Tegangan pada anoda LED 1/buzzer dihitung dengan (asumsi resistansi buzzer sangat kecil dan dapat diabaikan):

$$V_{LED1} = V_{out} - (I_{LED} * R4)$$

R4 (100Ω) membatasi arus ke LED 1 dan buzzer. Jika nilai terlalu kecil, arus yang besar bisa merusak LED 1/buzzer (jika V output op-amp melebihi batas V yang bisa diterima LED 1). Namun, R4 juga tidak boleh terlalu besar agar nilai V pada anoda LED 1 bisa lebih besar dari 1,76 V.

Tegangan input pada Gate MOSFET dapat dihitung dengan:

$$V_{gate} = V_{out} - (I_{gate} * R5)$$

Namun, karena Gate MOSFET memiliki impedansi input yang sangat tinggi ($M\Omega$ atau lebih besar), hampir tidak ada arus yang mengalir melalui resistor R5 menuju Gate. Karena tidak ada arus yang signifikan, tidak ada tegangan drop yang berarti pada R5 sehingga $V_{gate} \approx V_{out}$.

9. Analisis Ukuran R3/Rprobe yang Membuat LED 1 dan 2 Hidup

Pada Tabel 1 terlihat bahwa nilai $R3$ $10k\Omega$ hingga $900k\Omega$ memberikan hasil "berbohong", sedangkan saat $1M\Omega$ barulah hasilnya "tidak berbohong".

Kelebihan:

- Rangkaian berhasil mendeteksi perubahan kecil pada resistansi (dari $1M\Omega$ ke $900k\Omega$) dengan perubahan keluaran yang signifikan (LED merah menyala dan buzzer aktif). Ini menunjukkan sensitivitas yang baik terhadap perubahan resistansi kulit.
- Dalam praktiknya, $R3$ $900k\Omega$ mencerminkan kondisi kulit yang sudah mulai berkeringat, sehingga masuk akal untuk terdeteksi sebagai kondisi "berbohong".

Kekurangan:

- Kulit manusia memiliki variasi resistansi alami (tergantung suhu, kelembapan lingkungan, dan individu). Resistansi $900k\Omega$ mungkin bukan indikasi kuat seseorang berbohong, tetapi rangkaian tetap mendeteksinya.

10. Analisis Sementara Mengenai Rangkaian Fisik yang Akan Dibuat

Menggunakan kabel tembaga sebagai probe memiliki beberapa potensi masalah yang bisa memengaruhi akurasi hasil, seperti:

- Tembaga bisa teroksidasi di udara sehingga membentuk lapisan oksida yang meningkatkan resistansi kontak dan membuat hasil pengukuran tidak konsisten.

b. Saat jari menyentuh probe, tekanan yang tidak merata dapat mengubah resistansi kontak sehingga memengaruhi pembacaan resistansi.

c. Kawat tembaga yang kecil memberikan area kontak terbatas sehingga pengukuran resistansi kulit bisa sangat bergantung pada posisi dan kualitas kontak.

Karena potensi-potensi masalah itu, alternatif yang kami persiapkan adalah pelat logam (aluminium atau *stainless steel*) yang memberikan kontak lebih luas dan lebih seragam.

VI. Kesimpulan

Rangkaian pendekripsi kebohongan berbasis analisis respons elektrodermal memanfaatkan prinsip-prinsip elektronika analog, di mana komponen seperti op-amp, dan FET memiliki peran penting dalam pengolahan sinyal. Op-amp digunakan sebagai komparator untuk membandingkan nilai tegangan yang dihasilkan oleh respons kulit dengan nilai referensi, yang memungkinkan sistem mendekripsi perubahan kecil pada resistansi kulit. FET (Field-Effect Transistor) berfungsi sebagai switch yang mengendalikan aliran arus dalam sirkuit, memungkinkan sistem untuk menyalakan atau mematikan komponen tertentu berdasarkan hasil pengukuran sinyal.

Teknologi ini berpotensi besar untuk diterapkan di dunia nyata, seperti investigasi kriminal, keamanan nasional, dan bahkan bidang kesehatan untuk mendekripsi kondisi psikologis seseorang. Pengembangan lebih lanjut, terutama dengan menggabungkan teknologi digital, akan membuat perangkat ini lebih canggih dan akurat dalam analisis data yang diperoleh.

VII. Saran

1. Dalam aplikasi nyata, perlu ada mekanisme penyesuaian untuk individu dengan resistansi kulit yang berbeda-beda pada dasarnya. Pengaruh lingkungan kelembaban, suhu, dan usia harus dipertimbangkan. Jadi, tidak selalu bisa dikatakan saat berbohong resistansi yang terukur adalah 1MOhm dan saat tidak berbohong adalah 10kOhm.
2. Dalam aplikasi nyata, gunakan resistor dengan toleransi rendah sehingga output semakin akurat.

3. Dalam aplikasi nyata, rancang probe dari bahan logam konduktif yang fleksibel dan nyaman.

Daftar Pustaka

- [1] A. S. Smith, "Electrodermal Response Measurement in Lie Detection Systems," *Journal of Applied Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 123-130, Mar. 2020.
- [2] J. D. Brown and P. R. Clark, *Analog Circuit Design: Operational Amplifiers and Transistor Applications*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2018.
- [3] K. T. Lee, "Application of FET Switches in Signal Processing Circuits," *International Journal of Circuit Systems*, vol. 12, no. 2, pp. 89-95, Apr. 2021.
- [4] M. R. Thompson, "Design of Low-Cost Lie Detector Circuits Using Op-Amps," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 67, no. 7, pp. 987-995, Jul. 2019.
- [5] A. S. Smith, "Electrodermal Activity (EDA) for Treatment of Neurological and Psychiatric Disorder Patients: A Review," IEEE Conference Publication, IEEE Xplore, 2024.