

RANCANG BANGUN REMOTEST SEBAGAI ALAT UKUR KECEPATAN RESPON MOTORIK JARI BERBASIS STIMULUS WARNA SECARA DIGITAL

Denhas Juli Taher

Universitas Teknologi Yogyakarta

Ferida Yuamita

Universitas Teknologi Yogyakarta

Alamat: Jl. Siliwangi Jl. Jombor Lor, Mlati Krajan, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55284

Dhenhasjuli07@gmail.com^{1*} feridayuamita@uty.ac.id^{2*}

Abstrak. *Motor response time measurement is one of the ergonomics practicum activities that requires a measuring device capable of providing objective and accurate results. The limitations of existing practicum equipment encourage the development of a motor response time measuring device based on color stimuli. This study aims to design and develop a finger motor response time measurement device for red, yellow, green, and blue color stimuli using the VDI 2221 method. The method consists of task clarification, conceptual design, embodiment design, and detail design stages. The design process resulted in a device called Remotest, consisting of an Arduino Uno, color stimulus LEDs, push buttons, a 16×2 LCD, and a power supply. Functional testing showed that all components operated according to their intended functions. Preliminary testing involving five respondents produced average response times of 2.03 seconds for red, 1.48 seconds for yellow, 1.78 seconds for green, and 1.60 seconds for blue. The results indicate that Remotest is capable of providing color stimuli, measuring user response time, and displaying measurement results automatically. Therefore, the device is considered suitable for supporting ergonomics laboratory practicum activities.*

Keywords: *Ergonomics, Remotest, motor response time, color stimulus, VDI 2221.*

Abstrak. Pengukuran waktu respon motorik merupakan salah satu kegiatan praktikum ergonomi yang memerlukan alat ukur yang mampu memberikan hasil pengukuran secara objektif dan akurat. Keterbatasan alat praktikum yang tersedia mendorong perlunya pengembangan alat ukur waktu respon motorik berbasis stimulus warna. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat ukur waktu respon motorik jari manusia terhadap stimulus warna merah, kuning, hijau, dan biru menggunakan metode VDI 2221. Metode yang digunakan meliputi tahap klarifikasi tugas, perancangan konsep, perancangan wujud, dan perancangan terinci. Hasil perancangan menghasilkan alat Remotest yang terdiri dari Arduino Uno, LED stimulus warna, push button, LCD 16×2, dan catu daya. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh komponen mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Uji coba awal terhadap lima responden menunjukkan rata-rata waktu respon sebesar 2,03 detik pada warna merah, 1,48 detik pada warna kuning, 1,78 detik pada warna hijau, dan 1,60 detik pada warna biru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat Remotest mampu memberikan stimulus warna, mengukur waktu respon pengguna, serta menampilkan hasil pengukuran secara otomatis sehingga layak digunakan sebagai media praktikum ergonomi.

Kata Kunci: *Ergonomi, Remotest, waktu respon motorik, stimulus warna, VDI 2221.*

PENDAHULUAN

Waktu respon manusia merupakan interval waktu antara pemberian stimulus hingga munculnya respon dari individu yang menjadi indikator penting dalam menilai kecepatan pemrosesan informasi dan performa motorik. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa waktu respon memiliki peran penting dalam sistem interaksi manusia dengan teknologi digital serta evaluasi performa kognitif dan motorik manusia (Zhang et al., 2023). Selain itu, penelitian oleh (Arif et al., 2022) juga menyatakan bahwa waktu respon digunakan sebagai parameter dalam

sistem interaksi berbasis teknologi modern. Secara umum, rata-rata waktu respon manusia terhadap stimulus visual berada pada rentang 200–300 milidetik, dan dalam kondisi optimal dapat mencapai sekitar 150–200 milidetik. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran waktu respon memerlukan alat dengan tingkat ketelitian tinggi agar mampu menangkap perubahan dalam skala milidetik secara akurat.

Selain itu, stimulus visual berupa warna juga memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan respon manusia. Perbedaan warna dan tingkat kecerahan dapat mempengaruhi waktu respon dan akurasi individu dalam merespon suatu stimulus visual (Samuel et al., 2023; Grigorenko et al., 2024). Warna dengan tingkat kecerahan dan kontras tinggi seperti merah, kuning, dan oranye cenderung menghasilkan respon yang lebih cepat dibandingkan warna gelap seperti hitam dan abu-abu. Selain itu, warna juga berkaitan dengan aspek psikologis seperti emosi dan tingkat perhatian, dimana warna cerah cenderung meningkatkan kewaspadaan, sedangkan warna gelap cenderung menurunkan respon (Jonauskaitė & Mohr, 2025).

Berdasarkan hasil observasi di Laboratorium Ergonomi Universitas Teknologi Yogyakarta, hingga saat ini belum tersedia alat khusus yang digunakan untuk mengukur kecepatan respon motorik jari terhadap stimulus warna secara digital sebagai media pembelajaran praktikum. Dalam satu kelas praktikum yang terdiri dari sekitar 20–30 mahasiswa, kegiatan pembelajaran masih bersifat teoritis tanpa didukung pengukuran langsung, sehingga belum terdapat data praktikum yang terukur secara kuantitatif terkait waktu respon mahasiswa. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran berbasis praktik dengan fasilitas yang tersedia di laboratorium. Oleh karena itu, pengembangan alat ukur digital seperti Remotest diperlukan untuk mendukung proses praktikum yang lebih interaktif, terukur, dan berbasis data kuantitatif.

Kondisi tersebut berdampak pada terbatasnya pemahaman praktis mahasiswa terhadap konsep respon motorik serta kurang optimalnya proses analisis data dalam kegiatan praktikum ergonomi. Selain itu, ketidakakuratan dalam pengukuran waktu respon dapat mempengaruhi hasil evaluasi performa kognitif dan motorik manusia, terutama dalam sistem interaksi berbasis teknologi digital (Zhang et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi berupa pengembangan alat ukur yang mampu mengukur respon motorik secara cepat, akurat, dan terintegrasi secara digital.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun Remotest (Response Motoric Test) sebagai alat ukur digital yang dapat mengukur kecepatan respon motorik jari terhadap stimulus warna secara digital. Alat ini diharapkan mampu meningkatkan akurasi pengukuran, mendukung proses pembelajaran praktikum, serta mempermudah pengolahan data secara otomatis. Selain itu, hasil penelitian ini juga memiliki potensi implementasi dalam berbagai bidang, seperti bidang pendidikan sebagai media praktikum, bidang kesehatan untuk mengukur respon pasien, bidang olahraga untuk melatih refleks atlet, serta bidang industri untuk mengevaluasi performa kerja operator yang membutuhkan respon cepat terhadap stimulus visual. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa pengukuran waktu respon memiliki peran penting dalam evaluasi performa kognitif dan motorik manusia (Zhang et al., 2023).

KAJIAN TEORI

1. VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*)

Proses desain atau perancangan pada dasarnya merupakan upaya sistematis untuk mentransformasikan sebuah ide menjadi solusi nyata guna menjawab permasalahan teknis yang ada. Menurut pandangan Pahl dan Beitz (dalam Rae et al., 2022), perancangan adalah aktivitas

krusial yang menjembatani kebutuhan fungsional dengan realisasi produk. Dalam konteks ini, seorang perancang harus mampu mengintegrasikan berbagai variabel teknis agar hasil akhirnya tidak hanya berfungsi secara mekanis, tetapi juga memiliki nilai guna yang optimal.

Guna menyeragamkan pola kerja dalam dunia rekayasa, Persatuan Insinyur Jerman mengembangkan sebuah protokol standar yang dikenal dengan VDI 2221. Sebagaimana dikutip oleh Rae et al. (2022), metode ini mengedepankan pendekatan yang terstruktur dalam menyelesaikan persoalan desain sistem teknik. Alur kerja dalam VDI 2221 dibagi menjadi beberapa fase utama yang saling berkesinambungan:

1. Klasifikasi Tugas: Langkah awal untuk merinci spesifikasi dan batasan masalah yang harus diselesaikan.
2. Desain Konseptual: Tahap di mana struktur fungsi ditentukan untuk mencari berbagai alternatif solusi teknis.
3. Perancangan Wujud: Fokus pada pengembangan tata letak dan modul sistem hingga membentuk desain awal yang konkret.
4. Penyusunan Dokumentasi Rinci: Fase final yang menghasilkan instruksi produksi, gambar kerja detail, serta spesifikasi material akhir.

2. Ergonomi

Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dengan elemen lain dalam suatu sistem kerja, seperti alat, mesin, lingkungan, dan metode kerja, dengan tujuan menciptakan kondisi kerja yang aman, nyaman, sehat, dan efisien. (Menurut Nurmianto 2004), ergonomi berfokus pada penyesuaian pekerjaan terhadap kemampuan dan keterbatasan manusia agar tercipta sistem kerja yang optimal serta mampu meningkatkan produktivitas kerja. Selain itu, Sanders dan McCormick (1993) menyatakan bahwa ergonomi atau human factors merupakan disiplin ilmu yang mempelajari kemampuan manusia dalam menerima informasi, mengambil keputusan, dan memberikan respon terhadap suatu sistem kerja.

3. Respon Motorik

Respon motorik merupakan kemampuan individu dalam memberikan reaksi terhadap suatu stimulus melalui gerakan tertentu yang melibatkan koordinasi antara sistem sensorik, saraf, dan otot. Menurut (Schmidt dan Lee 2011), respon motorik terjadi melalui proses penerimaan stimulus oleh indera, pengolahan informasi pada sistem saraf pusat, hingga menghasilkan gerakan sebagai bentuk respon terhadap stimulus yang diterima.

Kecepatan respon motorik manusia umumnya diukur menggunakan waktu respon (reaction time), yaitu interval waktu antara munculnya stimulus hingga pengguna memberikan respon. Menurut Wickens et al. (2004), waktu respon merupakan indikator penting dalam mengevaluasi performa kognitif dan motorik manusia. Pengukuran waktu respon memerlukan tingkat ketelitian tinggi karena perubahan respon dapat terjadi dalam skala milidetik.

4. Stimulus Warna

Warna merupakan salah satu bentuk stimulus visual yang dapat mempengaruhi perhatian, persepsi, emosi, serta kecepatan respon manusia. Menurut Birren (2016), warna memiliki pengaruh psikologis terhadap manusia, dimana setiap warna dapat menimbulkan respon dan persepsi yang berbeda pada individu.

Stimulus warna digunakan dalam berbagai bidang seperti desain produk, keselamatan kerja, sistem peringatan, serta interaksi manusia dengan teknologi digital. Warna dengan tingkat kecerahan tinggi seperti merah, kuning, dan biru cenderung lebih mudah menarik perhatian dibandingkan warna dengan tingkat kecerahan rendah seperti hitam atau abu-abu. Hal tersebut menyebabkan perbedaan kecepatan respon manusia terhadap stimulus warna tertentu. Dalam

bidang ergonomi dan human factors, penggunaan warna juga berkaitan dengan kemampuan manusia dalam menerima dan memproses informasi visual. Pemilihan warna yang tepat dapat meningkatkan kewaspadaan, mempercepat respon, serta mengurangi kesalahan dalam interaksi manusia dengan sistem.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian Research and Development (R&D) dengan pendekatan deskriptif kuantitatif yang dilaksanakan di Laboratorium Ergonomi Universitas Teknologi Yogyakarta. Penelitian berfokus pada perancangan dan pengembangan alat ReMoTest sebagai alat ukur respon motorik jari manusia terhadap stimulus visual berupa warna menggunakan metode VDI 2221. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap kegiatan praktikum di laboratorium, studi literatur, penyebaran kuesioner kepada 35 responden untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna (*task clarification*), serta pengujian alat kepada responden menggunakan metode purposive sampling, yang terdiri atas uji coba awal terhadap 5 responden dan pengujian lanjutan terhadap 20 responden setelah dilakukan penyempurnaan sistem. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah, perumusan masalah, studi pustaka, studi lapangan, serta pengumpulan data primer dan sekunder. Selanjutnya, proses perancangan dilakukan berdasarkan tahapan metode VDI 2221 yang meliputi *clarification of the task*, *conceptual design*, *embodiment design*, dan *detail design* hingga menghasilkan prototipe alat ReMoTest. Tahap akhir penelitian dilakukan melalui pengujian fungsional seluruh komponen alat, evaluasi kinerja alat berdasarkan hasil pengukuran waktu respon motorik terhadap stimulus warna merah, kuning, hijau, dan biru, serta analisis hasil pengujian untuk menilai fungsionalitas, keandalan pengukuran, dan implementasi alat sebagai media praktikum ergonomi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berdasarkan pengumpulan data dilakukan melalui observasi secara langsung terhadap kegiatan praktikum di Laboratorium Ergonomi Universitas Teknologi Yogyakarta, studi literatur, penyebaran kuesioner kepada responden, serta pengujian alat yang telah dirancang. Data yang diperoleh meliputi hasil identifikasi kebutuhan pengguna (*task clarification*), spesifikasi kebutuhan alat, pemilihan konsep perancangan menggunakan metode VDI 2221, hasil perancangan prototipe, hasil pengujian fungsional setiap komponen, serta hasil pengukuran waktu respon motorik jari terhadap stimulus warna merah, kuning, hijau, dan biru. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kesesuaian proses perancangan, kinerja alat, keandalan hasil pengukuran, serta implementasi alat ReMoTest sebagai media praktikum ergonomi. Adapun hasil pengolahan data dan pembahasannya disajikan sebagai berikut.

1. Penjabaran Tugas (*Clarification of Task*)

Tahap klasifikasi tugas (*clarification of the task*) merupakan tahap awal dalam metode VDI 2221 yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan harapan pengguna terhadap alat yang akan dirancang. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil kuesioner yang telah diperoleh dari responden untuk menentukan kebutuhan utama (*requirement*) dan kebutuhan tambahan (*wish*) pada alat Remotest. Data kebutuhan pengguna diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada 35 responden mahasiswa Program Studi Teknik Industri. Hasil kuesioner kemudian diolah untuk mengetahui tingkat kepentingan dari setiap item pernyataan yang berkaitan dengan fungsi alat, kemudahan penggunaan, tampilan alat, serta fitur tambahan yang diharapkan pengguna.

Tabel 1 *Task Clarification*

No	Spesifikasi Kebutuhan	Kategori
----	-----------------------	----------

1	Alat mampu mengukur waktu respon secara otomatis	Wish
2	Alat dapat menampilkan hasil pengukuran	Requirement
3	Alat menggunakan stimulus warna sebagai indikator respon	Wish
4	Alat memiliki tombol respon yang mudah digunakan	Wish
5	Alat mampu mencatat hasil pengukuran	Requirement
6	Alat mudah digunakan saat praktikum	Requirement
7	Instruksi penggunaan alat mudah dipahami	Requirement
8	Tombol pada alat nyaman digunakan	Requirement
9	Stimulus warna pada alat terlihat jelas	Requirement
10	Tampilan alat terlihat menarik	Requirement
11	Ukuran alat nyaman digunakan	Requirement
12	Alat memiliki layar digital	Requirement
13	Alat memiliki variasi stimulus warna	Wish
14	Alat mudah dipindahkan	Wish
15	Alat dapat menyimpan data hasil pengukuran	Requirement

(Sumber : Olah Data, 2026)

Berdasarkan tahap clarification of the task yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kebutuhan pengguna yang akan dijadikan dasar dalam proses perancangan alat Remotest. Kebutuhan tersebut diperoleh melalui hasil penyebaran kuesioner kepada responden sehingga spesifikasi alat yang dirancang diharapkan dapat sesuai dengan kebutuhan pengguna dalam kegiatan praktikum ergonomi.

2. Perancangan Konsep Produk (*Conceptual Design*)

Tahap perancangan konsep produk (*conceptual design*) merupakan tahapan dalam metode VDI 2221 yang dilakukan setelah proses clarification of the task. Pada tahap ini dilakukan pengembangan beberapa konsep desain berdasarkan kebutuhan dan spesifikasi yang telah diperoleh dari hasil identifikasi kebutuhan pengguna. Perancangan konsep dilakukan dengan mempertimbangkan aspek fungsi alat, kemudahan penggunaan, bentuk desain, tata letak komponen, serta sistem kerja alat Remotest. Beberapa alternatif konsep disusun sebagai solusi perancangan yang nantinya akan dievaluasi untuk menentukan konsep terbaik yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tujuan penelitian.

A. Struktur Fungsi

Pada tahap kedua metode VDI 2221, yaitu perancangan konseptual (*Conceptual Design*), fokus utama dilakukan pada pendefinisian struktur fungsi sistem secara abstrak. Tahap ini bertujuan untuk memetakan hubungan logis antara input dan output melalui analisis aliran energi, material, dan sinyal. Dengan menyusun struktur fungsi tersebut, keseluruhan tugas perancangan dipecah menjadi sub-fungsi yang lebih spesifik. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap kebutuhan teknis telah terakomodasi dalam sistem sebelum masuk ke tahap pengembangan solusi prinsip, sehingga risiko kegagalan desain pada tahap manufaktur dapat diminimalisir.



Gambar 1 Sub fungsi *Remotest*
(Sumber : Olah Data, 2026)

Diagram black box Sistem ReMoTest menunjukkan hubungan antara masukan (input) dan keluaran (output) yang terjadi pada sistem secara keseluruhan. Masukan yang terdiri dari material, energi, dan sinyal diproses oleh sistem sehingga menghasilkan keluaran berupa material, energi, dan sinyal yang telah mengalami perubahan sesuai fungsi alat. Pada proses tersebut, sinyal stimulus warna yang diberikan akan diproses oleh mikrokontroler untuk mengukur waktu respon pengguna, kemudian hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD sebagai keluaran informasi. Dengan demikian, diagram black box ini menggambarkan alur kerja sistem ReMoTest secara umum serta menunjukkan keterkaitan antar komponen dalam 58 mendukung fungsi utama alat sebagai pengukur waktu respon motorik jari terhadap stimulus visual secara digital.

Tabel 2 Keterangan Input dan Output

<i>Input</i>		<i>Output</i>	
MI (<i>Material Input</i>)	Kabel dan rangkaian elektronik	MO (<i>Material Output</i>)	Tampilan hasil pengukuran pada layar
EI (<i>Energi Input</i>)	Tegangan listrik dari adaptor	EO (<i>Energi Output</i>)	Cahaya LED stimulus warna
SI (<i>Sinyal Input</i>)	Perintah start pengukuran	SO (<i>Sinyal Output</i>)	Informasi hasil pengukuran

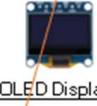
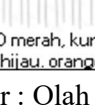
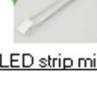
(Sumber : Olah Data, 2026)

Berdasarkan analisis Input–Output yang telah disusun, dapat disimpulkan bahwa sistem pengukuran bekerja melalui proses yang terintegrasi antara material, energi, dan sinyal. Material berupa kabel dan rangkaian elektronik berfungsi sebagai media utama dalam proses pengolahan data, sementara energi yang berasal dari tegangan listrik adaptor menjadi sumber daya untuk mengoperasikan seluruh komponen sistem. Sinyal berupa perintah start pengukuran memicu sistem untuk melakukan proses pengukuran secara otomatis. Hasil dari proses tersebut menghasilkan keluaran berupa tampilan hasil pengukuran pada layar, cahaya LED sebagai stimulus warna, serta informasi hasil pengukuran yang dapat digunakan oleh pengguna. Dengan demikian, hubungan antara input dan output menunjukkan bahwa setiap elemen memiliki peran penting dalam memastikan sistem dapat bekerja secara efektif, akurat, dan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang.

B. Prinsip Solusi dan Strukturnya.

Pada tahap ini, dilakukan analisis untuk mentransformasikan setiap sub fungsi yang telah disusun sebelumnya menjadi solusi teknis yang konkret. Proses ini bertujuan untuk menyeleksi komponen, perangkat keras, maupun metode kerja yang paling efektif dan efisien guna memenuhi kriteria performa alat, sehingga seluruh fungsi sistem dapat terwujud secara fisik dan operasional.

Tabel 3 Kombinasi Prinsip Solusi

No	Sub Fungsi	A	B	C
1	Material rangka / box alat	 Kayu	 Akrilik	 Plastik
2	Sistem kendali	 Arduino Uno	 ESP32	 ATmega328
3	Display hasil waktu respon	 Mini LED Display	 LCD 16x2	 OLED Display
4	Sumber daya listrik	 Power Supply Adapter	 Baterai	 USB Power
5	Tombol respon pengguna	 Push Button Bulat	 Push Button Kotak	 Touch Sensor
6	Kabel penghubung sistem	 Kabel jumper	 PCB jalur	 Kabel fleksibel
7	Sistem stimulus warna	 LED merah, kuning, hijau, orange	 RGB LED	 LED strip mini

(Sumber : Olah Data, 2026)

Tabel 4 Keterangan Kombinasi Prinsip Solusi

Varian	Kombinasi Prinsip Solusi
Varian 1	C1-A2-A3-A4-B5-A6-A7 (yang dipakai)
Varian 2	B1-C2-B3-B4-B5-C6-C7
Varian 3	A1-B2-C3-C4-C5-B6-7B

(Sumber : Olah Data, 2026)

Berdasarkan tabel Morphological Chart yang telah disusun, diperoleh beberapa alternatif komponen untuk setiap subfungsi yang diperlukan dalam perancangan alat pengukur waktu respons. Setiap alternatif dievaluasi berdasarkan kesesuaian fungsi, kemudahan implementasi, ketersediaan komponen, biaya, serta integrasi dengan sistem secara keseluruhan. Hasil pemilihan konsep ditunjukkan oleh garis penghubung pada tabel yang membentuk satu kombinasi rancangan sistem yang utuh. Konsep terpilih terdiri dari rangka berbahan kayu, mikrokontroler ESP32 sebagai sistem kendali utama, OLED Display sebagai media penampil hasil waktu respons, USB Power sebagai sumber daya listrik, Touch Sensor sebagai media input respons pengguna, PCB jalur sebagai media penghubung antar komponen, serta RGB LED sebagai sistem stimulus warna. Pemilihan komponen-komponen tersebut dilakukan karena mampu memberikan kinerja yang baik, mudah diintegrasikan, memiliki tingkat fleksibilitas tinggi, serta mendukung pengembangan sistem yang lebih modern dan efisien. Secara keseluruhan, konsep rancangan yang dipilih dinilai mampu memenuhi kebutuhan fungsional alat, yaitu memberikan stimulus visual berupa perubahan warna, mendeteksi

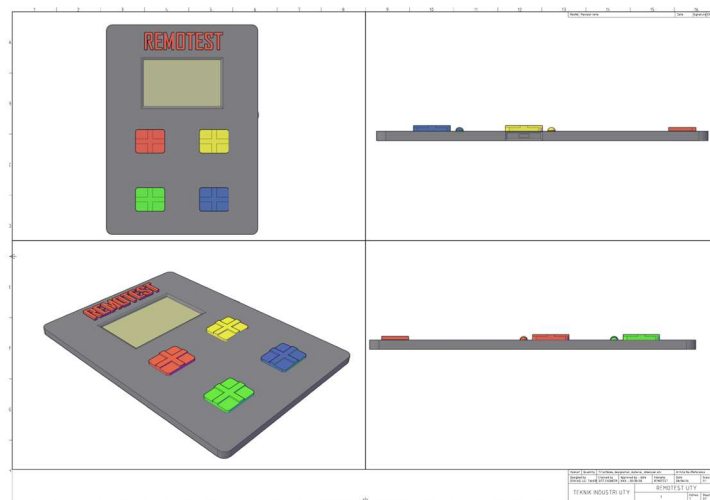
respons pengguna secara akurat, mengolah data menggunakan mikrokontroler, dan menampilkan hasil pengukuran waktu respons secara real-time. Dengan demikian, kombinasi konsep yang terpilih dapat dijadikan dasar dalam tahap perancangan detail dan pembuatan prototipe alat pengukur waktu respons.

3. Perancangan Wujud Produk (*Embodiment Design*)

Perancangan wujud produk pada penelitian ini dilakukan dengan menentukan bentuk fisik alat, tata letak komponen, material yang digunakan, ukuran alat, serta sistem kerja alat Remotest secara keseluruhan. Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan alat yang tidak hanya mampu berfungsi dengan baik, tetapi juga memiliki desain yang ergonomis, aman, dan mudah digunakan dalam kegiatan praktikum ergonomi. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan penyesuaian terhadap kebutuhan pengguna dan hasil evaluasi konsep sebelumnya sehingga rancangan alat yang dihasilkan dapat sesuai dengan tujuan penelitian dan spesifikasi yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya.

A. Desain Awal Produk

Desain awal Remotest dirancang dalam bentuk kotak (*box*) yang dapat ditempatkan di atas meja praktikum sehingga mudah digunakan oleh responden. Pada bagian atas alat ditempatkan komponen stimulus warna, mini LED display, dan push button sebagai media respon pengguna. Sementara itu, komponen pengendali utama berupa Arduino Uno ditempatkan di dalam box untuk melindungi rangkaian elektronik dari kerusakan maupun gangguan eksternal.



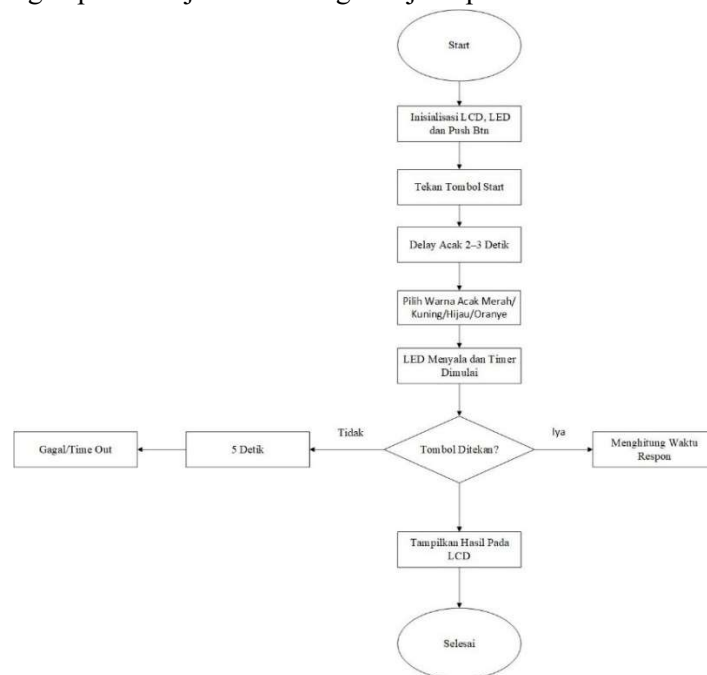
Gambar 2 Desain *Remotest*
(Sumber : Olah Data, 2026)

Bentuk box dipilih karena mampu memberikan perlindungan terhadap komponen elektronik sekaligus mempermudah proses perakitan dan perawatan alat. Selain itu, bentuk yang ringkas memungkinkan alat digunakan pada berbagai kondisi praktikum tanpa membutuhkan ruang yang besar.

4. Perancangan Terperinci (*Detail Design*)

Tahap detail design merupakan tahapan akhir dalam metode VDI 2221 yang bertujuan untuk menyempurnakan hasil perancangan sehingga siap direalisasikan menjadi produk yang dapat dioperasikan. Pada tahap ini dilakukan penyusunan spesifikasi teknis, gambar detail, rangkaian sistem, serta konfigurasi komponen yang digunakan pada alat Remotest. Hasil dari tahap ini

menjadi acuan dalam proses manufaktur, perakitan, dan pengujian alat sehingga seluruh fungsi yang telah dirancang dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 3 *Flowchart detail Remotest*

(Sumber : Olah Data, 2026)

Setiap responden melakukan pengujian sebanyak dua kali dengan pola kemunculan stimulus warna yang berbeda untuk meminimalkan pengaruh hafalan (learning effect) dan meningkatkan objektivitas hasil pengukuran. Pada masing-masing pengujian, sistem akan menampilkan urutan warna secara acak dan responden diminta menekan tombol yang sesuai secepat mungkin setelah stimulus muncul. Waktu respon yang diperoleh dari pengujian pertama dan kedua kemudian dicatat dan diolah dengan menghitung nilai rata-ratanya. Penggunaan nilai rata-rata bertujuan untuk memperoleh data yang lebih representatif terhadap kemampuan respon motorik responden, sekaligus mengurangi kemungkinan adanya penyimpangan data yang disebabkan oleh faktor kebetulan, kurang fokus, atau kesalahan respon pada salah satu pengujian.

5. Uji Test Alat

A. Pengujian Fungsional Alat

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan seluruh komponen pada alat Remotest dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pengujian ini meliputi pemeriksaan LED stimulus, push button, LCD, dan integrasi sistem secara keseluruhan sebelum alat digunakan pada pengujian responden.

Berdasarkan hasil pengujian fungsional, seluruh komponen pada alat Remotest dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Tidak ditemukan kegagalan fungsi selama proses pengujian sehingga alat dinyatakan mampu menjalankan proses stimulus warna, penerimaan respon pengguna, dan penampilan hasil pengukuran secara terintegrasi.

**RANCANG BANGUN REMOTEST SEBAGAI ALAT UKUR KECEPATAN RESPON MOTORIK
JARI BERBASIS STIMULUS WARNA SECARA DIGITAL**

Tabel 5 Pengujian Fungsional Alat

No	Komponen	Fungsi yang Diuji	Hasil
1	LED Merah	Menampilkan stimulus warna	 Berhasil
2	LED Kuning	Menampilkan stimulus warna	 Berhasil
3	LED Hijau	Menampilkan stimulus warna	 Berhasil
4	LED Biru	Menampilkan stimulus warna	 Berhasil
5	Push Button Merah	Menerima input pengguna	Berhasil
6	Push Button Kuning	Menerima input pengguna	Berhasil
7	Push Button Hijau	Menerima input pengguna	Berhasil
8	Push Button Oranye	Menerima input pengguna	Berhasil
9	LCD 16×2	Menampilkan waktu respon	 Berhasil
10	Arduino	Mengendalikan sistem	Berhasil
11	Sistem Keseluruhan	Berjalan sesuai program	Berhasil

(Sumber : Olah Data, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian fungsional, seluruh komponen pada alat Remotest dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Tidak ditemukan kegagalan fungsi selama proses pengujian sehingga alat dinyatakan mampu menjalankan proses stimulus warna, penerimaan respon pengguna, dan penampilan hasil pengukuran secara terintegrasi.

B. Hasil Implementasi *Remotest*

Pengujian implementasi alat RemoteTest dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mengukur waktu respons pengguna terhadap perubahan indikator lampu (merah, kuning, hijau, dan biru). Pengujian melibatkan 20 responden dengan hasil berupa waktu respons dalam satuan detik yang kemudian dibandingkan dengan nilai teoritis untuk mengetahui tingkat akurasi alat. Berdasarkan hasil pengujian, sebagian besar responden menunjukkan waktu respons yang mendekati teori, sementara beberapa responden berada pada kategori cukup lambat dan lebih lambat dari teori. Hasil implementasi ini menunjukkan bahwa alat RemoteTest telah berfungsi dengan baik dalam melakukan pengukuran waktu respons secara real-time dan mampu menghasilkan data yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi terhadap performa alat yang telah dikembangkan.

Tabel 6 Hasil Implementasi Remotest bersama Responden

RESPONDEN	Hasil Pengujian(Detik/Second)				Keterangan
	Merah(s)	(Kuning(s)	Hijau(s)	Biru(s)	
R1	0,732	0,279	0,479	0,403	Cukup lambat dari teori
R2	0,353	0,327	0,681	0,432	Cukup lambat dari teori
R3	0,403	0,203	0,353	0,479	Mendekati teori
R4	0,555	0,203	1,539	0,213	Lebih lambat dari teori
R5	0,328	0,227	0,251	0,278	Mendekati teori
R6	0,227	0,302	0,329	0,344	Mendekati teori
R7	0,631	0,379	0,303	0,253	Cukup lambat dari teori
R8	0,453	0,252	0,303	0,581	Cukup lambat dari teori
R9	0,631	0,354	0,252	0,228	Cukup lambat dari teori
R10	0,303	0,202	0,303	0,328	Mendekati teori
R11	0,631	0,505	1,413	1,615	Lebih lambat dari teori
R12	1,969	1,111	0,277	0,934	Lebih lambat dari teori
R13	0,808	1,235	0,227	0,227	Lebih lambat dari teori
R14	0,353	0,304	0,353	0,479	Mendekati teori
R15	0,379	0,43	0,151	0,177	Mendekati teori
R16	0,429	0,252	0,303	1,464	Lebih lambat dari teori
R17	0,429	0,429	0,429	0,429	Mendekati teori
R18	0,429	0,429	0,429	0,429	Mendekati teori
R19	0,858	0,303	0,227	0,631	Cukup lambat dari teori
R20	0,228	0,303	0,277	0,177	Mendekati teori

(Sumber : Olah Data, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian setelah penyempurnaan sistem, sebagian besar responden menghasilkan waktu respon yang berada pada kategori mendekati teori dan cukup lambat dari teori. Hanya beberapa responden yang menunjukkan waktu respon lebih lambat dari teori, ditandai dengan adanya nilai pengukuran di atas 1 detik pada salah satu atau beberapa stimulus warna. Secara umum, hasil pengujian ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan uji coba awal, karena sebagian besar data telah berada pada rentang yang lebih mendekati waktu respon teoritis manusia terhadap stimulus visual. Dengan demikian, penyempurnaan sistem yang dilakukan berhasil meningkatkan performa alat dalam mengukur waktu respon motorik jari secara digital.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, alat ReMoTest berhasil dirancang dan dibangun menggunakan metode VDI 2221 melalui tahapan *task clarification*, *conceptual design*, *embodiment design*, dan *detail design*, sehingga menghasilkan alat yang mampu memberikan stimulus visual berupa warna

merah, kuning, hijau, dan biru, menerima respons pengguna melalui *push button*, menghitung waktu respons secara otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Nano, serta menampilkan hasil pengukuran secara digital pada LCD 16×2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen alat berfungsi sesuai dengan rancangan dan mampu melakukan pengukuran waktu respons secara otomatis dengan baik. Setelah dilakukan penyempurnaan sistem, pengujian terhadap 20 responden menghasilkan rentang waktu respons sebesar 0,151–1,969 detik, dengan sebagian besar hasil berada pada kisaran 0,2–0,8 detik yang mendekati teori waktu respons manusia terhadap stimulus visual. Selain memiliki tingkat keandalan pengukuran yang baik dan kemudahan dalam pengoperasian, alat ini juga mampu menghasilkan data yang konsisten serta menunjukkan adanya perbedaan waktu respons antarresponden yang dipengaruhi oleh karakteristik individu, seperti tingkat konsentrasi, kesiapan menerima stimulus, dan kemampuan respons motorik. Dengan demikian, ReMoTest layak diimplementasikan sebagai media praktikum ergonomi karena mampu mendukung proses pengukuran respons motorik secara lebih objektif, cepat, akurat, dan digital, sekaligus meningkatkan efektivitas serta interaktivitas pembelajaran di laboratorium ergonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, M. (2022). Human reaction time in a mixed reality environment. *Frontiers in Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.897240>
- Jonauskaite, D., & Mohr, C. (2025). Do We Feel Colours? A Systematic Review of 128 Years of Psychological Research Linking Colours and Emotions. *Psychonomic Bulletin & Review*. <https://doi.org/10.3758/s13423-024-02615-z>
- Rae, M., Pulo Mangesa, D., & Tarigan, B. V. (2022). Rancang Bangun Mesin Pencetak Pakan Ikan Menggunakan Metode VDI 2221. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v9i01.6972>
- Zhang, W. (2023). Immediate and short-term effects of single-task and motor-cognitive dual-task on executive function. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290171>
- Birren, F. (2016). *Color Psychology and Color Therapy*. Pickle Partners Publishing.
- Nurmianto, E. (2004). *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Guna Widya.
- Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw-Hill.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Human Kinetics.
- Wickens, C. D., Lee, J. D., Liu, Y., & Gordon-Becker, S. (2004). *An Introduction to Human Factors Engineering*. Pearson Prentice Hall.