

Perancangan Mechanical Design dan Front-end Pada Alat Sedimtrack-IoT

1st Muhamad Auli'a Ardani
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

muhamadardani@student.telkomuniversity.ac.id

Penelitian ini memfokuskan pada perancangan dan pengembangan prototipe alat pemindai citra sedimen berbasis *Internet of Things* (IoT). Alat ini dirancang untuk otomasi akuisisi data visual sedimen secara presisi, mengatasi keterbatasan metode manual. Aspek desain mekanis mengintegrasikan motor stepper NEMA 17 yang dikendalikan oleh driver A4988, memungkinkan gerakan translasi *incremental* yang akurat. Traksi linear diimplementasikan melalui sistem slider yang terpasang pada *linear guide*, dipadukan dengan pulley berdiameter 5mm (baik *smooth* maupun *toothed*) serta timing belt 6mm untuk memastikan pergerakan yang sinkron dan tanpa slip, vital untuk pemindaian gambar beresolusi tinggi. Paralel dengan pengembangan *hardware*, desain *front-end* aplikasi *mobile* menjadi krusial dalam memfasilitasi interaksi pengguna. Antarmuka dirancang untuk memungkinkan kontrol *remote* perangkat, *visualisasi data real-time* dari hasil pemindaian, dan akses ke riwayat data akuisisi sedimen. Arsitektur *front-end* dikembangkan dengan mempertimbangkan prinsip *User Interface* (UI) dan *User Experience* (UX) yang optimal, berfokus pada navigasi intuitif dan presentasi data yang informatif. Kombinasi rekayasa mekanis yang robust dengan *software front-end* yang responsif diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional dan akurasi data dalam aplikasi pemantauan sedimen.

Kata kunci—Pemindai Gambar, Sedimen, IoT, NEMA 17, A4988, Slider, Timing Belt, Aplikasi Mobile, Front-end, UI/UX

I. PENDAHULUAN

Pemantauan dan analisis sedimen merupakan aspek krusial dalam disiplin ilmu geologi, di mana karakteristiknya memberikan informasi vital mengenai proses geomorfologi dan dinamika transportasi material[1]. Metode konvensional untuk akuisisi citra sedimen seringkali manual, padat karya, memakan waktu, dan rentan bias, menghambat efisiensi pengumpulan data skala besar dan akurasi interpretasi. Meskipun teknologi digital telah membawa inovasi, solusi terintegrasi yang otomatis, presisi, *real-time*, dan memanfaatkan konektivitas *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan sedimen masih menghadapi tantangan dalam hal presisi mekanis, interoperabilitas, kemudahan penggunaan, serta penyediaan *feedback* instan dan data historis[2]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan alat pemindai gambar sedimen berbasis IoT yang mengintegrasikan komponen mekanis presisi—termasuk motor stepper NEMA 17 dan driver A4988 untuk gerakan terkontrol, serta *slider*, *pulley*, dan *timing belt* untuk pergerakan linear yang akurat—dengan aplikasi *mobile* sebagai *front-end* yang memungkinkan kontrol jarak jauh, visualisasi data *real-time*, dan akses riwayat data akuisisi, guna meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pemantauan sedimen.

II. KAJIAN TEORI

Kajian teori ini menyajikan landasan konseptual dan prinsip-prinsip teknis yang relevan dengan perancangan dan pengembangan alat pemindai gambar sedimen berbasis *Internet of Things* (IoT). Teori-teori ini

mencakup aspek mekanika, elektronika, akuisisi data, serta pengembangan perangkat lunak antarmuka.

A. Motor Stepper NEMA 17 dan Driver A4988

Motor stepper NEMA 17 adalah motor DC brushless yang menawarkan kontrol posisi presisi melalui gerakan langkah diskrit, ideal untuk aplikasi otomasi[3]. Untuk mengendalikan motor ini, digunakan Driver A4988, sebuah microstepping driver yang mampu menghasilkan pergerakan motor yang lebih halus dan akurat dengan memecah satu langkah penuh menjadi mikro-langkah. Kombinasi ini krusial untuk presisi gerakan linear dalam alat pemindai.

B. Sistem Pergerakan Linear: Slider, Pulley, dan Timing Belt

Sistem pergerakan linear dalam pemindai ini mengandalkan slider sebagai penopang yang bergerak mulus di sepanjang rel. Gerakan presisi *slider* dijamin oleh kombinasi pulley dan timing belt. Timing belt yang bergerigi berinteraksi dengan pulley bergigi untuk transmisi gerakan sinkron tanpa slip dari motor. Sementara itu, pulley tanpa gigi berfungsi sebagai *idler* atau penegang sabuk, memastikan ketegangan yang optimal untuk pergerakan linear yang stabil dan akurat[4].

C. Pengembangan Aplikasi Mobile (Front-End): UI dan UX

Pengembangan aplikasi *mobile* berfungsi sebagai front-end untuk alat pemindai, menyediakan antarmuka interaksi pengguna. User Interface (UI) berfokus pada elemen visual dan interaktif aplikasi, memastikan tampilan menarik dan mudah dipahami. Sementara itu, User Experience (UX) menitikberatkan pada keseluruhan pengalaman pengguna, dari kemudahan navigasi hingga kepuasan penggunaan[5]. Desain UI/UX yang intuitif dan responsif pada aplikasi ini krusial untuk kontrol *remote*, visualisasi *real-time* hasil pemindaian, dan akses riwayat data.

III. METODE

Metode penelitian ini menguraikan secara sistematis rancangan dan prosedur yang akan digunakan dalam Perancangan Mechanical Design dan Front-end Pada Alat Sedimtrack-IoT. Bagian ini mencakup gambaran umum mengenai pendekatan penelitian, tahapan implementasi, waktu penelitian, serta strategi analisis data, dengan fokus pada pengembangan aspek mekanis dan antarmuka pengguna.

Prosedur Penelitian:

Prosedur penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan utama sebagai berikut:

A. Tahap Perancangan Sistem

Pada tahap ini, desain konseptual dan detail dari seluruh sistem akan dibuat, dengan penekanan pada aspek mekanis dan *front-end*:

1. Perancangan Mechanical Design: Meliputi desain dimensi, struktur, dan tata letak komponen mekanis seperti rangka alat, sistem slider, penempatan motor stepper NEMA 17 dan driver A4988, serta konfigurasi pulley dan timing belt 6mm[6]. Desain akan mempertimbangkan aspek presisi,

stabilitas, dan kemudahan perakitan.

2. Perancangan Perangkat Lunak *Front-end* Aplikasi *Mobile*: Desain *User Interface* (UI) dan *User Experience* (UX) untuk aplikasi *mobile* yang memungkinkan kontrol *remote* perangkat, visualisasi data *real-time*, dan akses ke riwayat pemindaian. Desain akan mencakup *mockup* dan *wireframe* antarmuka, dengan fokus pada navigasi intuitif dan presentasi data yang informatif[7].

3. Perancangan Elektronik dan *Embedded* (Secara Umum): Meskipun bukan fokus utama, perancangan umum pemilihan *microcontroller* ESP32 dan kamera, serta logika dasar komunikasi antara perangkat keras dan *front-end* akan tetap dipertimbangkan untuk memastikan interoperabilitas[8].

B. Tahap Implementasi dan Integrasi

Pada tahapan ini, seluruh komponen yang telah dirancang akan dirakit dan diintegrasikan:

1. Perakitan Mechanical Design: Komponen-komponen mekanis yang telah didesain akan difabrikasi dan dirakit menjadi satu kesatuan sistem mekanis alat Sedimtrack-IoT.

2. Pengembangan Perangkat Lunak *Front-end* Aplikasi *Mobile*: Implementasi desain *front-end* menjadi kode program menggunakan *framework* yang dipilih dan integrasi dengan *backend* IoT yang akan berkomunikasi dengan perangkat keras.

3. Integrasi Mekanis dan Elektronik: Pemasangan *microcontroller*, *driver*, motor, kamera, dan modul lainnya pada rangka mekanis. Dilakukan juga pengkabelan sesuai skematik dasar untuk memastikan fungsi mekanis dapat dikendalikan secara elektronik.

C. Tahap Pengujian dan Evaluasi Sistem

Tahap ini krusial untuk memverifikasi fungsionalitas dan kinerja aspek mekanis dan *front-end* alat:

1. Pengujian Fungsionalitas Mechanical Design: Menguji akurasi gerakan linear yang dihasilkan oleh sistem NEMA 17, A4988, belt, dan pulley, stabilitas slider, serta presisi langkah motor stepper. Evaluasi dilakukan berdasarkan spesifikasi gerakan yang diharapkan.

2. Pengujian Aplikasi Mobile (Front-end): Menguji responsivitas UI/UX, kemudahan penggunaan, dan fungsionalitas semua fitur dalam aplikasi, termasuk kontrol *remote* mekanis dan visualisasi data.

3. Pengujian Integrasi Mekanis dan Front-end: Melakukan uji coba menyeluruh terhadap interaksi antara kontrol dari aplikasi *mobile* dan pergerakan mekanis alat. Ini termasuk pengiriman perintah gerak dan penerimaan *feedback* status.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil perancangan dan implementasi Mechanical Design dan Front-end pada alat pemindai gambar sedimen Sedimtrack-IoT. Penjelasan meliputi detail komponen mekanis utama yang mendukung pergerakan presisi alat serta desain antarmuka pengguna aplikasi *mobile* yang memungkinkan interaksi dan kontrol yang intuitif.

A. Hasil Perancangan Mechanical Design

Perancangan mekanis alat Sedimtrack-IoT berfokus pada sistem pergerakan linear yang presisi, stabil, dan dapat dikontrol secara elektronik. Komponen-komponen

kunci yang diimplementasikan untuk mencapai tujuan ini adalah motor stepper, *driver* motor, sistem *slider*, serta kombinasi *pulley* dan *timing belt*.

1. Motor Stepper NEMA 17: Sebagai aktuator utama untuk pergerakan linear, digunakan motor stepper NEMA 17. Gambar 1 menunjukkan fisik motor stepper NEMA 17 yang digunakan. Motor ini dipilih karena menawarkan keseimbangan yang baik antara ukuran kompak, torsi yang memadai, dan kemampuan untuk memberikan gerakan langkah yang presisi, sangat penting untuk pemindaian gambar beresolusi tinggi. Konfigurasi 4-kabel memungkinkan kontrol bipolar yang efisien[9].



GAMBAR 1
Stepper Motor Nema 17

2. Driver Motor A4988: Kontrol presisi motor stepper NEMA 17 dilakukan melalui driver A4988, seperti yang terlihat pada Gambar 2. *Driver* ini mendukung operasi *microstepping* hingga 1/16 langkah, yang secara signifikan mengurangi getaran dan menghasilkan pergerakan motor yang jauh lebih halus[10]. Fitur ini krusial untuk mencegah *blur* pada gambar yang diambil selama proses pemindaian dan untuk memastikan resolusi posisi yang akurat pada sistem pergerakan linear. *Heatsink* yang terpasang pada IC utama membantu dalam disipasi panas selama operasi.



GAMBAR 2
Driver a4988

3. Sistem Slider: Untuk memastikan pergerakan linear yang stabil dan minim gesekan, alat ini mengimplementasikan sistem *slider* yang terpasang pada *linear rail*. Gambar 3 menunjukkan komponen *slider* yang digunakan. Desain *slider* ini, dengan roda bantalan presisi, memungkinkan pergerakan yang mulus sepanjang profil aluminium, sehingga menjaga konsistensi fokus kamera dan posisi sampel selama pemindaian[11]. Platform datar di atas *slider* berfungsi sebagaiudukan untuk komponen lain, seperti modul kamera atau wadah sampel.



GAMBAR 3
Slider

4. Pulley dan Timing Belt: Transmisi gerakan rotasi dari motor stepper ke gerakan linear pada *slider* dicapai melalui

kombinasi pulley bergigi dan *timing belt* 6mm. Gambar 4 mengilustrasikan komponen *timing belt* beserta *pulley* bergigi. *Timing belt* yang memiliki gigi disinkronkan dengan *pulley* bergigi yang terpasang pada poros motor, memastikan rasio transmisi yang tepat dan mencegah *slippage*. Penggunaan *pulley* tanpa gigi (*smooth pulley*, tidak ditampilkan secara terpisah namun menjadi bagian dari sistem) sebagai *idler* atau penegang sabuk membantu menjaga ketegangan *timing belt* agar pergerakan tetap akurat dan stabil[12].



GAMBAR 4
Pulley dan Timing Belt

B. Hasil Perancangan Fron-end UI/UX Aplikasi Mobile



GAMBAR 5
Tampilan Antarmuka Aplikasi SedimTrack-IoT

Antarmuka pengguna (*User Interface* - UI) dan pengalaman pengguna (*User Experience* - UX) dari aplikasi *mobile* Sedimtrack-IoT dirancang sebagai *front-end* utama untuk memfasilitasi interaksi pengguna dengan alat pemindai. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Kotlin dalam lingkungan Android Studio. Gambar 6 menunjukkan serangkaian tampilan utama antarmuka aplikasi, merepresentasikan alur interaksi yang intuitif dan efisien.

1. Merupakan *splash screen* awal yang memperkenalkan aplikasi SedimTrack kepada pengguna. Halaman ini berfungsi untuk *branding* dan menyajikan deskripsi singkat tentang kapabilitas sistem sebagai solusi otomatisasi pemindaian sedimen berbasis IoT. Tombol "Get Started" menjadi titik masuk utama, mengarahkan pengguna ke halaman fungsional.
2. Setelah halaman sambutan, pengguna diarahkan ke *dashboard* utama. Tampilan ini menyajikan informasi status alat secara *real-time*, termasuk "Current Mode: Auto" dan "Status: Ready", yang mengindikasikan mode operasi dan kesiapan perangkat. Visualisasi grafis alat pemindai memberikan representasi kontekstual. Bilah navigasi bawah (Home, Configuration, Scan, Results) mempermudah navigasi antar fitur inti.
3. Halaman ini didedikasikan untuk pengaturan parameter pemindaian. Pengguna dapat menyesuaikan "length" (panjang lintasan) dan "value speed"

(kecepatan pemindaian) melalui kontrol yang intuitif. Opsi nilai standar untuk panjang lintasan (misalnya, 30, 50, 150 cm) disediakan untuk kemudahan penggunaan. Tombol "Set Default" memungkinkan reset pengaturan. Setelah konfigurasi, tombol "Let's scan!" memulai proses pemindaian.

4. Tampilan ini merupakan antarmuka langsung untuk akuisisi gambar. *Feed* kamera ditampilkan secara *real-time*, memungkinkan pengguna memvisualisasikan area pemindaian. Tombol kamera besar digunakan untuk memicu pengambilan gambar. Ikon tambahan untuk akses galeri dan indikator status, melengkapi fungsionalitas di halaman ini, memastikan kontrol yang efisien selama proses akuisisi citra.

5. Halaman ini berfungsi sebagai pusat untuk mengakses dan mengunduh hasil pemindaian yang telah diproses. Ikon unduhan yang menonjol bersama label "Download" mempermudah pengguna untuk mengambil data citra, seperti hasil *stitching* (penggabungan beberapa gambar menjadi satu citra besar), yang dihasilkan oleh alat. Desain minimalis menekankan fungsi utama pengunduhan data secara efisien.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini sukses merancang dan mengembangkan alat pemindai gambar sedimen Sedimtrack-IoT, dengan fokus pada desain mekanis presisi dan antarmuka *front-end* aplikasi *mobile* yang intuitif. Sistem mekanis, yang memanfaatkan motor stepper NEMA 17, driver A4988, *slider*, *pulley*, dan *timing belt*, memastikan gerakan linear yang akurat untuk akuisisi citra berkualitas tinggi. Aplikasi *mobile* berbasis Kotlin menyediakan kontrol *remote* yang komprehensif, pengaturan parameter, pengambilan gambar *real-time*, dan akses hasil pemindaian yang mudah, secara signifikan meningkatkan efisiensi dan akurasi pemantauan sedimen. Pengembangan ke depan dapat mencakup integrasi algoritma analisis citra yang lebih canggih dan pembangunan sistem *backend* IoT yang lebih bagus.

REFERENSI

- [1] G. Nichols, *Sedimentology and stratigraphy*. John Wiley & Sons, 2009.
- [2] S. Selmy, D. Kucher, and Y. Yang, "Geospatial Data: Acquisition, Applications and Challenges," 2024. doi: 10.5772/intechopen.1006635.
- [3] holry, "stepper motor nema 17." Accessed: Jul. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.holrymotor.com/id/what-is-nema-17-stepper-motor.html>
- [4] J.-Y. Kim, "Precision Machine Design."
- [5] H. Sharp, Y. Rogers, and J. Preece, *Interaction Design. Beyond Human-Computer Interaction*. 2007.
- [6] M. F. Ashby and K. Johnson, *Materials and design: the art and science of material selection in product design*. Butterworth-Heinemann, 2013.
- [7] C. Snyder, *Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces*. 2003.
- [8] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.

- [9] mechtex.com, “What is a NEMA 17 Stepper Motor?,” mechtex.com. Accessed: Jun. 13, 2025. [Online]. Available: <https://mechtex.com/blog/what-is-a-nema-17-stepper-motor?utm>
- [10] howtomechatronics.com, “How To Control a Stepper Motor with A4988 Driver and Arduino,” howtomechatronics.com. Accessed: Jun. 13, 2025. [Online]. Available: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-control-stepper-motor-with-a4988-driver-and-arduino/>
- [11] J.-Y. Kim, “Precision Machine Design.”
- [12] B. Engel and S. S. H. Al-Maeeni, “An integrated reverse engineering and failure analysis approach for recovery of mechanical shafts,” *Procedia CIRP*, vol. 81, pp. 1083–1088, 2019.