

RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR DENSITAS LINIER BENANG DENGAN KENDALI MIKROKONTROLLER ARDUINO & SISTEM TRACKING LOT

Galuh Yuli Astrini^{1*}, Andrian Wijayono², Valentina Sri Pertiwi Rumiati³, Mohadi⁴,
Usaid Syawahidul Chaq⁵, Hendri Pujianto⁶, Ernestia Cheisya Adeawardani⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Prodi Teknik Pembuatan Kain Tenun, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan

Produk Tekstil Surakarta, Jawa Tengah

e-mail: galuhya@ak-tekstilsolo.ac.id

Diterima: 31/12/2025; Direvisi: 6/1/2026; Diterbitkan: 20/1/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat ukur densitas linear benang berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang terintegrasi dengan sistem pencatatan hasil uji berbasis database daring (Google Sheet). Pengukuran densitas linear benang secara konvensional masih dilakukan secara manual menggunakan alat reeling standar yang membutuhkan waktu relatif lama dan rentan terhadap kesalahan pencatatan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan solusi berbasis otomasi dan digitalisasi pengujian. Metode pelaksanaan meliputi tahap perancangan mekanik dan elektronik alat ukur, pengujian dan validasi hasil alat terhadap alat standar terkalibrasi, serta pengembangan sistem database dan aplikasi Android untuk pencatatan hasil pengujian. Pengujian dilakukan pada tiga jenis benang (Ne₁ 19, Ne₁ 23, dan Ne₁ 31) dengan sepuluh kali pengulangan masing-masing. Hasil analisis ANOVA dua arah menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara alat rancangan dan alat standar ($F(1,9) = 0,305$; $p = 0,594$), maupun antarjenis benang yang diuji ($F(2,18) = 2,061$; $p = 0,156$), serta tidak ada interaksi signifikan antara keduanya ($F(2,18) = 1,870$; $p = 0,183$), sehingga alat dapat dikatakan valid. Sistem tracking berbasis database juga menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 100% dengan waktu respon kurang dari dua detik. Penelitian ini berhasil mewujudkan integrasi antara sistem pengukuran fisik dan digitalisasi laboratorium tekstil, serta menjadi prototipe awal sistem pengujian densitas linear berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat diimplementasikan di laboratorium pengujian tekstil modern dan mendukung transformasi menuju industri tekstil 4.0.

Kata Kunci: *densitas linear benang, Arduino Uno, sistem tracking, database, IoT*

ABSTRACT

This study aims to design and develop a yarn linear density measurement device based on an Arduino Uno microcontroller integrated with an online database recording system (Google Sheet). Conventional measurement of yarn linear density is still carried out manually using a standard reeling device, which requires a relatively long time and is prone to recording errors. Therefore, this research offers an automated and digitized testing solution. The research method includes the mechanical and electronic design of the measuring device, validation of measurement results against a calibrated standard instrument, and the development of a database system and Android application for recording test results. The tests were conducted on three types of yarns (Ne₁ 19, Ne₁ 23, and Ne₁ 31) with ten repetitions each. The two-way ANOVA results indicated no significant differences between the prototype and the standard instrument ($F(1,9) = 0.305$; $p = 0.594$), among the tested yarn types ($F(2,18) = 2.061$; $p = 0.156$), and in their interaction ($F(2,18) = 1.870$; $p = 0.183$), confirming that the prototype is statistically valid. The database-based tracking system also demonstrated a 100% data transmission success

rate with a response time of less than two seconds. This study successfully integrates physical measurement and laboratory digitalization, resulting in a prototype of an IoT-based yarn linear density testing system that can be implemented in modern textile testing laboratories, supporting the transformation toward Textile Industry 4.0.

Keywords: *yarn linear density, Arduino Uno, tracking system, database, IoT*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi dan digitalisasi dalam lingkungan laboratorium telah menjadi katalisator utama yang mendorong transformasi signifikan dalam bidang pengujian mutu tekstil secara global. Fokus utama dari modernisasi ini sering kali tertuju pada aspek pengukuran sifat fisik benang, khususnya pada parameter *linear density* atau densitas linear. Sebagai parameter fundamental, *linear density* memegang peranan krusial dalam menentukan kualitas akhir, kekuatan tarik, serta tingkat keseragaman benang yang akan digunakan dalam proses lanjutan seperti pemintalan maupun penenunan (Admas & Ayele, 2023; Dincer et al., 2023). Apabila terdapat ketidaksesuaian atau deviasi pada nilai *linear density*, hal tersebut dapat memicu ketidakstabilan pada struktur kain yang dihasilkan serta menurunkan konsistensi sifat mekanik produk tekstil secara keseluruhan (Rumiyati et al, 2024). Mengingat dampak vitalnya terhadap kualitas produk akhir, metode pengukuran *linear density* yang tidak hanya akurat, tetapi juga efisien dan dapat direplikasi, telah menjadi komponen kunci yang tak terpisahkan dalam sistem pengendalian mutu atau *quality control* benang di dalam ekosistem industri tekstil modern saat ini.

Dalam praktik yang berlangsung secara konvensional, prosedur pengukuran *linear density* umumnya masih sangat bergantung pada penggunaan *reeling machine* standar yang dioperasikan secara manual. Proses ini mengharuskan seorang operator untuk menggulung benang dalam panjang tertentu dengan ketelitian tinggi, yang kemudian dilanjutkan dengan proses penimbangan untuk menentukan nomor benang (Ne) atau nilai Tex yang sesuai. Walaupun metode tradisional ini masih diadopsi secara luas karena kesederhanaan operasionalnya, terdapat sejumlah keterbatasan teknis yang mendasar, seperti durasi waktu pengukuran yang relatif lama, ketergantungan yang sangat tinggi pada keterampilan individu operator, serta risiko terjadinya *human error* dalam pencatatan hasil uji (Zhou et al., 2023). Lebih lanjut, sebuah studi yang mendalam oleh Wijayono et al. (2025) turut menunjukkan bahwa adanya variasi kecepatan pada *delivery roll* selama proses *doubling* dapat memengaruhi densitas volume gulungan benang secara signifikan. Temuan ini menegaskan kembali betapa pentingnya penerapan kontrol pengukuran yang presisi pada tahapan pasca-pemintalan untuk meminimalisir variabilitas yang tidak diinginkan dalam proses produksi.

Berbagai upaya untuk meningkatkan efisiensi dan reliabilitas sistem pengujian telah mendorong berkembangnya pendekatan otomasi yang berbasis pada integrasi sensor cerdas dan mikrokontroler. Pemanfaatan teknologi mikrokontroler, seperti *platform* Arduino, memungkinkan perancangan sistem pengukuran otomatis yang memiliki fleksibilitas tinggi namun tetap dengan biaya investasi yang rendah. Sejumlah penelitian terdahulu telah berhasil memanfaatkan mikrokontroler Arduino dalam skema otomasi alat uji tekstil, di antaranya adalah pengembangan alat penggulung benang otomatis (Denny et al., 2024), perancangan alat uji tarik benang (Debriand & Purwanto, 2024), serta pembuatan alat pengukur *boiling water shrinkage* pada benang tekstil (Rusman et al., 2024). Pada skala laboratorium, pendekatan berbasis perangkat keras ini terbukti efektif dalam meningkatkan konsistensi hasil uji secara signifikan sekaligus mengurangi ketergantungan proses terhadap intervensi operator manusia. Hal ini membuktikan bahwa teknologi tertanam atau *embedded system* mampu menjadi solusi

alternatif yang andal untuk menggantikan metode manual yang rentan terhadap kesalahan prosedural.

Di sisi lain, perkembangan teknologi juga merambah ke ranah digital non-destruktif, di mana penelitian yang dilakukan oleh Pradifita et al. (2025) serta Wijayono dan Murti (2024) mengusulkan penerapan metode *image processing* atau pengolahan citra digital. Metode ini digunakan untuk mengukur parameter fisik benang dan kain tanpa merusak sampel uji, menawarkan sebuah pendekatan baru yang lebih canggih. Pendekatan berbasis visi komputer ini menunjukkan potensi yang sangat besar dalam digitalisasi proses pengujian tekstil karena kemampuannya untuk mengekstraksi informasi kuantitatif dari gambar digital secara cepat dan presisi tinggi. Selain itu, Nurazizah et al. (2025) juga menekankan pentingnya integrasi antara pengukuran mekanik dan digital dalam evaluasi performa benang gintir. Sinergi antara perangkat keras pengukuran fisik dan perangkat lunak analisis citra ini diharapkan mampu memberikan data yang lebih komprehensif mengenai karakteristik material, yang pada akhirnya akan mendukung peningkatan standar mutu dalam industri tekstil yang semakin kompetitif.

Meskipun berbagai penelitian yang telah disebutkan sebelumnya menunjukkan kemajuan yang pesat dalam otomasi alat uji tekstil, terdapat celah di mana sebagian besar sistem yang dikembangkan masih bersifat *standalone* atau berdiri sendiri. Artinya, alat-alat tersebut belum terhubung dengan *platform* pelaporan digital berbasis jaringan yang terintegrasi. Padahal, integrasi antara sistem pengukuran otomatis dengan *database* daring akan membuka peluang baru dalam pelacakan hasil uji secara *real-time* serta penerapan konsep *smart laboratory* yang berbasis *Internet of Things (IoT)* (Erwin et al., 2023; Wicahyo & Tanone, 2020). Dengan adanya integrasi konektivitas ini, data hasil pengujian dapat diakses secara langsung dan transparan oleh berbagai pihak yang berkepentingan. Selain itu, integrasi dengan sistem *tracking lot* memungkinkan setiap hasil pengujian dikaitkan secara spesifik dengan nomor *batch* benang tertentu, sehingga proses penelusuran mutu atau *traceability* dapat dilakukan secara historis. Fitur ini sangat krusial untuk mendukung sistem kendali mutu dan analisis performa bahan di sepanjang rantai pasok produksi.

Ditinjau dari perspektif manajemen industri makro, digitalisasi sistem pengujian ini sangat selaras dengan prinsip-prinsip *Total Quality Management (TQM)* dan agenda transformasi menuju era Industri Tekstil 4.0 (Darmawan & Budiman, 2024; Ashari et al., 2024). Integrasi yang mulus antara sistem fisik di lantai produksi dan sistem informasi manajemen memungkinkan peningkatan kecepatan pengambilan keputusan yang berbasis data atau *big data analytics*, yang pada akhirnya akan memperkuat daya saing industri tekstil nasional di kancah global (Kumbara, 2020; Asmara et al., 2014). Dengan demikian, otomasi pengujian dan digitalisasi pencatatan hasil bukan sekadar peningkatan teknis semata, melainkan juga bagian integral dari strategi transformasi industri berbasis data. Pergeseran paradigma dari pencatatan manual menuju sistem yang terintegrasi secara digital akan menciptakan ekosistem produksi yang lebih lincah, responsif terhadap perubahan pasar, dan mampu menjamin konsistensi mutu produk yang dihasilkan secara berkelanjutan dalam jangka panjang.

Berdasarkan paparan latar belakang masalah serta analisis kesenjangan teknologi tersebut, penelitian ini memfokuskan tujuannya pada perancangan dan pengembangan alat ukur *linear density* benang berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang terintegrasi penuh dengan sistem pencatatan hasil uji berbasis *Google Sheet*. Sistem ini dirancang secara khusus untuk mengotomasi keseluruhan proses pengukuran, meminimalisir dampak kesalahan manusia, serta menyimpan hasil pengujian secara otomatis pada basis data daring *cloud*. Nilai kebaruan dan keunggulan utama dari rancangan ini terletak pada integrasi yang padu antara sistem pengukuran otomatis perangkat keras dan fitur *tracking lot* berbasis jaringan, sebuah kombinasi

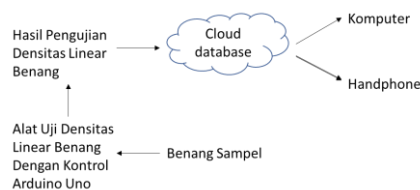
yang belum banyak diterapkan pada laboratorium tekstil sebelumnya. Pendekatan komprehensif ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi operasional, akurasi data, dan transparansi proses pengujian, sekaligus menjadi langkah inisiasi yang konkret menuju digitalisasi penuh laboratorium tekstil dalam menghadapi tantangan dan peluang di era Industri 4.0.

METODE PENELITIAN

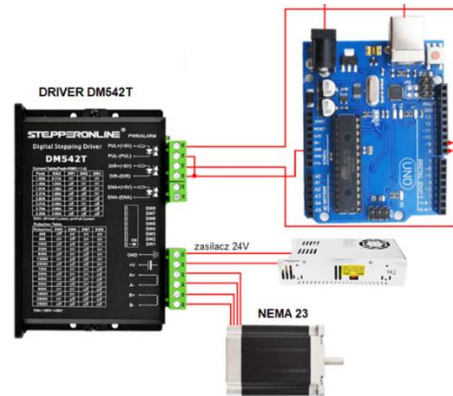
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen yang terdiri atas empat tahap utama, yaitu: (1) perancangan dan pembuatan alat ukur densitas linear benang berbasis mikrokontroler Arduino Uno, (2) validasi hasil pengukuran terhadap alat standar laboratorium, (3) pengembangan sistem tracking hasil pengujian berbasis database daring, dan (4) uji fungsi sistem untuk memastikan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan baik.

Rancang Bangun Alat Ukur Densitas Linear Benang

Rancang bangun alat diawali dengan perancangan sistem mekanik dan elektronik. Komponen utama yang digunakan meliputi mikrokontroler Arduino Uno, motor stepper sebagai penggerak kincir penggulung benang, driver motor, dan power supply 24V. Motor stepper dihubungkan ke poros kincir melalui timing pulley, dengan satu putaran kincir merepresentasikan panjang benang 1000 mm (1 meter). Kecepatan dan jumlah putaran dikendalikan melalui program Arduino sehingga panjang benang yang digulung dapat ditentukan secara presisi. Dalam pengukuran densitas linear benang biasanya digulung sejumlah 100 meter benang, sehingga diperlukan 100 kali putaran kincir penggulung benang. Gambar 1 menunjukkan rancangan alur pengujian dan sistem tracking densitas linear benang yang diusulkan pada penelitian ini. Untuk menggerakkan putaran dari kincir alat uji densitas linear benang, pada penelitian ini telah digunakan stepper motor. Motor stepper kemudian akan dihubungkan dengan poros kincir menggunakan sebuah Timming Pulley. Arduino Uno juga digunakan sebagai unit kendali untuk mengendalikan stepper motor melalui sebuah driver stepper, sehingga kecepatan dan jumlah putaran kincir dapat diatur sedemikian rupa. Pada rangkaian tersebut akan digunakan pula Power Supply 24 V sebagai catu daya. Gambar 2 menunjukkan wiring diagram dari kendali unit Arduino Uno, unit Driver dan Stepper Motor yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1. Rancangan alur pengujian dan sistem tracking densitas linear benang



Gambar 2. Wiring diagram dari kendali unit arduino uno, driver dan stepper motor

Selama proses penggulangan, unit tensioner digunakan untuk menjaga kestabilan tegangan benang. Setelah mencapai panjang penggulangan tertentu (misalnya 100 meter), benang dilepas dari kincir dan ditimbang menggunakan neraca analitik untuk memperoleh berat benang dalam gram. Nilai panjang (P) dan berat (B) digunakan untuk menghitung densitas linear dengan beberapa satuan nomor benang sebagai berikut:

$$Ne = \frac{\frac{P}{768}}{\frac{B}{453,6}} = \frac{P}{768} \times \frac{453,6}{B} \quad (1)$$

$$Nm = \frac{P}{B} \quad (2)$$

$$Tex = \frac{B}{P} \times 1000 \quad (3)$$

$$Denier = \frac{B}{P} \times 9000 \quad (4)$$

Validasi Hasil Pengukuran

Untuk memastikan akurasi alat, dilakukan uji validasi dengan cara membandingkan hasil pengukuran alat rancangan dengan alat standar yang tersedia di Laboratorium Evaluasi Benang Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta. Benang uji yang sama diukur menggunakan kedua alat, kemudian dilakukan analisis statistik ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan antara hasil kedua alat. Hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak terdapat perbedaan signifikan, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan sebaliknya.

Pengembangan Sistem Tracking Hasil Pengujian

Sistem pelacakan (*tracking system*) hasil pengujian dirancang menggunakan platform MIT App Inventor berbasis Android, yang terhubung dengan database daring Google Sheet. Aplikasi ini berfungsi untuk merekam dan menyimpan data hasil pengujian secara otomatis. Data yang direkam mencakup: (1) kode lot atau identitas benang uji, (2) hasil pengukuran panjang (P) dan berat (B), (3) hasil perhitungan densitas linear (Ne, Nm, Tex, Denier), serta (4) waktu dan tanggal pengujian. Data yang dimasukkan melalui aplikasi dikirim secara otomatis ke cloud database dan dapat diakses kembali melalui perangkat komputer atau ponsel untuk keperluan pengendalian mutu (*quality control*).

Uji Fungsi Sistem

Uji fungsi dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem berjalan sesuai rancangan. Pengujian mencakup tiga aspek, diantaranya:

1. **Kalkulasi:** memastikan perhitungan nomor benang oleh aplikasi sesuai dengan rumus konversi.
2. **Transmisi Data:** memastikan data yang dikirim dari aplikasi tersimpan dengan benar di database daring tanpa kehilangan informasi.
3. **Aksesibilitas Data:** memastikan data hasil uji dapat dipanggil dan ditampilkan kembali dengan benar melalui aplikasi atau perangkat lain.

Sistem dinyatakan berfungsi baik apabila ketiga aspek tersebut bekerja tanpa kegagalan selama pengujian berulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil Rancang Bangun Alat Uji Densitas Linear Benang

Penelitian ini menghasilkan alat uji densitas linear benang berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang dilengkapi dengan sistem kendali motor stepper dan mekanisme penggulung benang. Rancang bangun alat terdiri atas komponen utama seperti kincir penggulung, pengantar benang, unit kendali (Arduino dan driver motor), serta antarmuka pengguna sederhana. Gambar 3 memperlihatkan tampilan alat yang telah selesai dirakit, baik dari sisi depan maupun samping.

Alat ini dikendalikan melalui program berbasis library AccelStepper, yang memungkinkan pengaturan kecepatan, akselerasi, serta jumlah putaran motor secara presisi. Program utama (Tabel 1) dirancang agar motor berputar sesuai panjang benang yang ditentukan, kemudian berhenti otomatis setelah proses penggulungan selesai. Desain sistem ini memungkinkan pengguna memperoleh panjang gulungan yang konsisten, sehingga hasil perhitungan densitas linear menjadi lebih akurat.



Gambar 3. Tampilan alat pengukur densitas benang berbasis Arduino yang telah selesai dirakit, baik dari sisi (a) depan maupun (b) samping

Tabel 1. Program utama Arduino untuk alat pengukur densitas linear benang

Line#	Listing program
1	#include <AccelStepper.h>
2	
3	#define STEP_PIN 2
4	#define DIR_PIN 5
5	
6	#define BUTTON_PIN 7
7	AccelStepper stepper(AccelStepper::DRIVER, STEP_PIN, DIR_PIN);
8	

```

9  const long TOTAL_STEPS_PER_REVOLUTION = 800;
10 const long TARGET_REVOLUTIONS = 300;
11 const long TARGET_STEPS = TARGET_REVOLUTIONS * TOTAL_STEPS_PER_REVOLUTION;
12
13 const float MAX_SPEED = 2500.0;
14 const float ACCELERATION = 40.0;
15
16 int buttonState = 0;
17 bool motorStarted = false;
18
19 void setup() {
20   Serial.begin(9600);
21   Serial.println("Motor Stepper Dimulai...");
22   pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
23   stepper.setMaxSpeed(MAX_SPEED);
24   stepper.setAcceleration(ACCELERATION);
25   stepper.setCurrentPosition(0);
26 }
27
28 void loop() {
29   buttonState = digitalRead(BUTTON_PIN);
30
31   if (buttonState == LOW && !motorStarted) {
32     delay(50);
33     if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
34       Serial.print("Tombol ditekan! Memulai putaran ");
35       Serial.print(TARGET_REVOLUTIONS);
36       Serial.println(" kali...");
37       stepper.moveTo(TARGET_STEPS);
38       motorStarted = true;
39     }
40   }
41
42   if (stepper.distanceToGo() != 0) {
43     stepper.run();
44   }
45
46   if (stepper.distanceToGo() == 0 && motorStarted) {
47     Serial.println("Motor telah menyelesaikan putaran.");
48     motorStarted = false;
49     stepper.setCurrentPosition(0);
50   }
51 }

```

Hasil Validasi Pengukuran Alat

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran alat rancangan terhadap alat standar Reeling Machine Textechno Type Y Reel TT yang telah terkalibrasi. Uji perbandingan dilakukan pada tiga jenis benang berbeda, yaitu Ne₁ 19, Ne₁ 23, dan Ne₁ 31, masing-masing dengan sepuluh kali pengulangan untuk panjang 100 meter.

Berdasarkan hasil pengukuran berat benang (Tabel 2) dan perhitungan nomor benang (Tabel 3), dilakukan analisis ANOVA dua arah dengan pengukuran berulang untuk menguji pengaruh dua faktor: jenis alat dan jenis benang. Hasil analisis ANOVA pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara hasil pengukuran alat rancangan dan alat standar ($F(1,9) = 0,305$; $p = 0,594$). Selain itu, jenis benang juga tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil pengukuran ($F(2,18) = 2,061$; $p = 0,156$), dan tidak ditemukan interaksi antara kedua faktor ($F(2,18) = 1,870$; $p = 0,183$).

Tabel 2. Hasil perbandingan berat benang (dalam panjang 100 meter) yang digulung pada alat rancangan terhadap alat standar Reeling Machine Texttechno Type Y Reel TT yang telah terkalibrasi

Pengulangan ke-	Berat benang untuk panjang 100 meter (dalam gram)					
	Benang Ne ₁ 19		Benang Ne ₁ 23		Benang Ne ₁ 31	
	Alat rancangan	Alat standar	Alat rancangan	Alat standar	Alat rancangan	Alat standar
1	3,268	3,073	2,702	2,617	2,103	1,704
2	2,992	3,188	2,463	2,475	2,031	1,767
3	3,056	3,290	2,659	2,616	1,960	1,933
4	3,331	3,246	2,472	2,789	1,960	1,708
5	3,084	3,266	2,464	2,396	1,723	2,048
6	3,246	3,074	2,677	2,731	1,936	2,086
7	3,048	2,923	2,396	2,734	1,989	2,002
8	3,139	3,196	2,473	2,397	1,903	1,765
9	3,319	3,012	2,583	2,713	1,992	1,757
10	3,172	3,264	2,634	2,600	1,781	1,957
$\bar{x}$	3,165	3,153	2,552	2,607	1,938	1,873
S	0,121	0,125	0,111	0,142	0,113	0,147

Tabel 3. Hasil perbandingan nomor benang (dalam Ne₁) yang digulung pada alat rancangan terhadap alat standar Reeling Machine Texttechno Type Y Reel TT yang telah terkalibrasi

Pengulangan ke-	Nomor benang dalam Ne ₁					
	Benang Ne ₁ 19		Benang Ne ₁ 23		Benang Ne ₁ 31	
	Alat rancangan	Alat standar	Alat rancangan	Alat standar	Alat rancangan	Alat standar
1	18,075	19,223	21,859	22,569	28,082	34,656
2	19,743	18,529	23,981	23,864	29,077	33,421
3	19,330	17,955	22,213	22,578	30,130	30,551
4	17,734	18,198	23,893	21,177	30,130	34,575
5	19,154	18,087	23,971	24,651	34,274	28,836
6	18,198	19,216	22,063	21,627	30,504	28,310
7	19,380	20,209	24,651	21,603	29,691	29,498
8	18,818	18,483	23,884	24,641	31,033	33,459
9	17,798	19,612	22,866	21,771	29,646	33,611
10	18,623	18,098	22,424	22,717	33,158	30,176
$\bar{x}$	18,685	18,761	23,181	22,720	30,572	31,709
s	0,712	0,763	1,002	1,269	1,858	2,470

Tabel 4. Hasil F – hitung untuk analisis ANAVA dua arah

Sumber variasi	F	dt	p-value
Alat	0,305	1, 9	0,594
Jenis Benang	2,061	2, 18	0,156
Alat × Jenis Benang	1,870	2, 18	0,183

Berdasarkan tabel 2,3,4 secara statistik dapat disimpulkan bahwa alat rancangan memberikan hasil pengukuran nomor benang yang tidak berbeda signifikan dibandingkan alat

Copyright (c) 2026 CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan

 <https://doi.org/10.51878/cendekia.v6i1.8879>

standar yang terkalibrasi. Hal ini memperkuat validitas rancangan alat yang diajukan, sekaligus menunjukkan bahwa alat tersebut dapat digunakan secara andal untuk berbagai jenis benang yang berbeda.

Hasil Rancangan Sistem Tracking Hasil Uji Berbasis Database

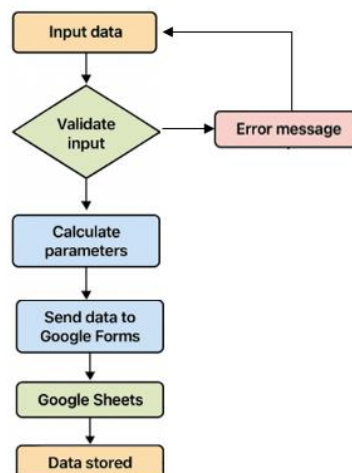
Sebagai bagian dari sistem pengujian terintegrasi, dikembangkan aplikasi tracking hasil uji densitas linear benang berbasis Android yang terkoneksi dengan database cloud (Google Sheet). Gambar 4 menunjukkan dua halaman utama dari aplikasi berbasis Android yang telah dirancang, yang terdiri dari: (1) halaman input pengujian dan (2) halaman hasil uji.

Pada halaman input, pengguna memasukkan data panjang dan berat benang, kemudian aplikasi secara otomatis menghitung parameter Ne, Nm, Tex, dan Denier menggunakan rumus konversi yang sesuai. Setelah perhitungan, data dikirim ke database daring dengan menekan tombol “Hitung dan Kirim!”. Mekanisme integrasi antara aplikasi dan Google Sheet dilakukan melalui Google Form API, seperti ditunjukkan pada diagram alur pada Gambar 5.

Pendekatan ini tidak memerlukan server lokal dan memungkinkan penyimpanan data secara daring secara otomatis. Hasil uji yang telah terkirim dapat ditampilkan kembali melalui halaman hasil uji, yang menampilkan riwayat pengukuran secara kronologis. Sistem ini mendukung traceability data serta mencegah kehilangan informasi akibat pencatatan manual.



Gambar 4. Dua halaman utama dari aplikasi sistem tracking lot berbasis Android yang telah dirancang; (a) halaman input pengujian; (b) halaman hasil uji



Gambar 5. Mekanisme integrasi antara aplikasi dan Google Sheet dilakukan melalui Google Form API

Hasil Uji Fungsional Sistem Database

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa integrasi aplikasi dan database bekerja sesuai rancangan. Lima aspek utama diuji, yaitu (1) perhitungan parameter uji, (2) pengiriman data, (3) kecepatan transmisi, (4) konsistensi data, dan (5) pemanggilan data dari database. Hasil pengujian (Tabel 4) menunjukkan bahwa seluruh fungsi berjalan 100% berhasil, dengan waktu rata-rata pengiriman data kurang dari dua detik. Data yang dikirim dari aplikasi menunjukkan kesesuaian sempurna dengan data yang tersimpan di Google Sheet, baik secara numerik maupun format tampilan. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu bekerja secara real-time, stabil, dan efisien untuk kebutuhan pencatatan hasil uji di laboratorium.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi alat uji densitas linear benang berbasis Arduino dan sistem pelacakan hasil uji berbasis database daring berhasil berfungsi dengan baik dan memenuhi kriteria keandalan yang diharapkan. Secara teknis, alat rancangan menunjukkan akurasi pengukuran yang setara dengan alat standar terkalibrasi, dengan tingkat kesalahan yang tidak signifikan secara statistik. Hal ini menegaskan bahwa sistem kendali berbasis mikrokontroler mampu menggantikan sebagian fungsi alat laboratorium komersial dengan performa yang memadai.

Tabel 5. Hasil uji fungsional sistem tracking lot

No	Fungsi yang diuji	Langkah pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian	Status
1	Perhitungan nilai Ne/Nm/Tex/Denier	Input data panjang dan berat pada aplikasi	Nilai hasil perhitungan muncul secara otomatis dan sesuai rumus	Sesuai	Berhasil
2	Pengiriman data ke database	Tekan tombol “Kirim” pada aplikasi	Data tersimpan di lembar Google Sheet tanpa kesalahan	Sesuai	Berhasil
3	Kecepatan pengiriman data	Ukur waktu respon antara pengiriman dan data tampil di database	Waktu kurang dari 3 detik	< 2 detik	Berhasil
4	Konsistensi data	Bandingkan data aplikasi dengan data pada database	Nilai sama persis	Sesuai	Berhasil
5	Pemanggilan data	Buka lembar database untuk melihat hasil uji	Data tampil lengkap dan berurutan	Sesuai	Berhasil

Dari sisi sistem informasi pada tabel 5, integrasi aplikasi Android dengan database Google Sheet menawarkan solusi digital yang efisien, ekonomis, dan mudah diimplementasikan. Sistem ini memungkinkan otomatisasi pencatatan hasil uji, pengurangan

kesalahan manusia (human error), serta peningkatan efisiensi waktu operasional. Pengiriman data secara daring dalam waktu kurang dari dua detik menunjukkan bahwa sistem ini layak diterapkan dalam konteks laboratorium pengujian tekstil. Keunggulan utama sistem ini meliputi:

1. Efisiensi waktu: hasil uji langsung tersimpan secara digital tanpa pencatatan manual.
2. Akurasi data: transfer data otomatis meminimalkan kesalahan pencatatan.
3. Kemudahan akses: data tersimpan di cloud dan dapat diakses kapan saja.
4. Potensi pengembangan: sistem dapat dikembangkan menjadi platform IoT dengan visualisasi data, analisis tren, dan integrasi server industri.

Pembahasan

Pengembangan alat uji densitas linear benang yang berbasis pada teknologi mikrokontroler *Arduino Uno* menawarkan solusi teknis yang menjanjikan untuk mengatasi keterbatasan alat penggulung manual. Desain mekanis yang mengintegrasikan motor *stepper* dengan pustaka pemrograman *AccelStepper* memungkinkan pengendalian putaran kincir yang sangat presisi, baik dari segi kecepatan, akselerasi, maupun jumlah putaran total. Dalam mekanisme ini, motor diprogram untuk berhenti secara otomatis tepat saat panjang benang yang diinginkan telah tercapai, sehingga menghilangkan risiko *over-winding* atau *under-winding* yang sering terjadi pada pengoperasian manual. Pendekatan otomatisasi ini memastikan bahwa setiap sampel benang yang diambil memiliki panjang yang konsisten, yang merupakan variabel paling krusial dalam perhitungan nomor benang (Engin et al., 2020; Hossain et al., 2025). Dengan menggantikan tenaga manusia dengan sistem elektromekanis yang terprogram, alat ini mampu meminimalisir variabilitas operasional yang disebabkan oleh kelelahan operator atau ketidaktekelitian visual, sehingga menjamin standar kualitas pengujian yang lebih tinggi dan dapat direproduksi dalam berbagai kondisi laboratorium (Holland & Davies, 2020; Krishnan et al., 2025).

Validitas alat rancangan ini telah teruji secara statistik melalui perbandingan langsung dengan alat standar industri *Reeling Machine Textechno Type Y Reel TT* yang telah terkalibrasi. Analisis data menggunakan metode *Analysis of Variance* atau ANOVA dua arah memperlihatkan bukti empiris yang kuat bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara hasil pengukuran alat prototipe dengan alat standar. Nilai signifikansi yang berada jauh di atas ambang batas standar menunjukkan bahwa kedua alat tersebut menghasilkan *output* data yang setara secara statistik. Temuan ini berlaku konsisten pada berbagai variasi jenis benang, mulai dari ukuran *Nel* 19 hingga 31, yang mengindikasikan bahwa alat rancangan memiliki fleksibilitas tinggi dan tidak bias terhadap ketebalan benang tertentu. Fakta bahwa faktor jenis alat tidak memberikan pengaruh nyata terhadap hasil pengukuran menegaskan bahwa instrumen berbiaya rendah ini mampu mensubstitusi fungsi alat komersial yang harganya jauh lebih mahal, tanpa mengorbankan akurasi dan presisi data yang dibutuhkan dalam pengendalian kualitas tekstil (Frank et al., 2021; Vidal et al., 2020; Wijayono & Putra, 2022).

Transformasi digital dalam penelitian ini tidak hanya berhenti pada perangkat keras, tetapi juga mencakup pengembangan sistem informasi melalui aplikasi berbasis *Android* yang terintegrasi dengan basis data *cloud*. Perancangan aplikasi ini mengubah paradigma pencatatan hasil uji dari metode konvensional berbasis kertas menjadi sistem digital yang terotomatisasi. Algoritma yang ditanamkan dalam aplikasi memungkinkan konversi otomatis parameter berat

dan panjang menjadi berbagai satuan standar tekstil seperti *Ne*, *Nm*, *Tex*, dan *Denier*, sehingga meniadakan potensi kesalahan perhitungan manual atau *human error*. Pemanfaatan *Google Form API* sebagai jembatan komunikasi data memungkinkan penyimpanan informasi secara *real-time* tanpa memerlukan investasi server fisik yang mahal. Mekanisme ini menciptakan jejak audit atau *traceability* yang jelas, di mana setiap data pengujian tersimpan rapi dengan penanda waktu kronologis, memudahkan penelusuran kembali riwayat kualitas produksi dan mencegah risiko kehilangan data fisik yang sering menjadi kendala di laboratorium tradisional (Barhdadi et al., 2021; Hossain et al., 2024; Hussain et al., 2024).

Uji fungsionalitas terhadap sistem basis data dan aplikasi menegaskan keandalan integrasi sistem dalam lingkungan operasional yang sesungguhnya. Pengujian menyeluruh terhadap lima aspek vital, mulai dari akurasi rumus perhitungan hingga stabilitas pemanggilan data, menunjukkan tingkat keberhasilan sempurna. Kecepatan transmisi data yang tercatat kurang dari dua detik membuktikan bahwa sistem ini sangat responsif dan tidak menghambat alur kerja teknisi di laboratorium. Konsistensi data antara tampilan di layar ponsel dengan arsip di *Google Sheet* menjamin integritas informasi, di mana apa yang diinput di lapangan adalah apa yang diterima oleh manajemen. Stabilitas sistem ini sangat krusial dalam konteks industri tekstil yang bergerak cepat, di mana keputusan terkait kualitas benang sering kali harus diambil dalam waktu singkat. Dengan performa yang stabil dan cepat, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatat, tetapi juga sebagai instrumen pendukung keputusan yang efisien dan dapat diandalkan (Cahyani & Nurabiah, 2023; Maulana et al., 2025; SYAHRIR et al., 2024).

Secara keseluruhan, integrasi antara perangkat keras penggulung otomatis dan perangkat lunak pelacakan data menciptakan ekosistem pengujian yang modern dan efisien. Implikasi dari penelitian ini sangat luas, terutama bagi industri tekstil skala kecil hingga menengah yang membutuhkan alat uji presisi namun terkendala oleh tingginya harga peralatan laboratorium impor. Sistem ini membuktikan bahwa teknologi *Internet of Things* sederhana dapat diadopsi untuk meningkatkan standar operasional laboratorium. Selain efisiensi waktu dan tenaga, sistem ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut menuju konsep *smart factory*, di mana data kualitas produksi dapat dipantau dari jarak jauh dan dianalisis untuk memprediksi tren cacat produk. Sinergi antara akurasi mekanik dan kecerdasan digital ini menjadi model yang layak diterapkan untuk modernisasi infrastruktur pengujian tekstil, mendorong efisiensi biaya sekaligus meningkatkan akuntabilitas dan transparansi data mutu produk secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan alat ukur densitas linear benang berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang terintegrasi dengan sistem pencatatan hasil uji berbasis database daring (*Google Sheet*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat rancangan memiliki akurasi pengukuran yang setara dengan alat standar laboratorium terkalibrasi, sebagaimana dibuktikan oleh hasil analisis statistik yang menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kedua alat. Sistem tracking hasil pengujian berbasis Android dan database cloud juga berfungsi dengan sangat baik, ditunjukkan oleh tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 100% dan waktu respon rata-rata kurang dari dua detik. Hal ini membuktikan bahwa integrasi antara perangkat keras pengukuran dan sistem informasi digital telah berjalan efektif dan efisien.

Rancangan ini membuktikan bahwa otomasi pengujian dan digitalisasi pencatatan hasil uji dapat meningkatkan efisiensi waktu, akurasi data, serta transparansi proses pengujian di laboratorium tekstil. Dengan demikian, alat ini dapat menjadi prototipe awal sistem pengujian



densitas linear berbasis Internet of Things (IoT) yang relevan untuk mendukung transformasi laboratorium tekstil menuju era Industri 4.0. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar dilakukan peningkatan pada presisi sensor, optimalisasi sistem penggerak motor, dan integrasi langsung dengan server laboratorium berbasis IoT agar sistem dapat beroperasi secara mandiri dan terhubung real-time dalam jaringan pengendalian mutu tekstil yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Admas, A., & Ayele, M. (2023). Impacts of yarn hairiness and voluminous on weft yarn speed and twist loss in air-jet weaving. *Journal of Natural Fibers*, 20(2), 2253372. <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2253372>
- Ashari, D., Ladaina, M. S., & Hartini, T. (2024). Peran big data dalam pengambilan keputusan strategis perusahaan. *EKOMAN: Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Manajemen*, 2(3), 401–422. <https://doi.org/10.61276/ekoman.v2i3.109>
- Asmara, A., Purnamadewi, Y. L., & Meiri, A. (2014). Struktur biaya industri dan pengaruhnya terhadap kinerja industri tekstil dan produk tekstil Indonesia. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 11(2), 110–118. <https://doi.org/10.17358/jma.11.2.110>
- Barhdadi, S., Canfyn, M., Merabety, S. E., Courselle, P., Rogiers, V., Vanhaecke, T., & Deconinck, E. (2021). Development of a “freeze-pour” sample preparation method for the GC analysis of semivolatile flavouring chemicals present in e-cigarette refill liquids. *LCGC Europe*, 223. <https://doi.org/10.56530/lcgc.eu.nf5078t7>
- Cahyani, S., & Nurabiah, N. (2023). Penerapan sistem informasi akuntansi menggunakan software accurate dalam pengambilan keputusan UMKM di Kota Mataram. *B IOS: Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer*, 5(1), 20. <https://doi.org/10.37148/bios.v5i1.89>
- Darmawan, E. D., & Budiman, F. A. (2024). Pengaruh penerapan Total Manajemen Mutu Terpadu terhadap kualitas produk (Studi kasus pada perusahaan PT. X Textile). *Ekbis: Jurnal Ekonomi & Bisnis*, 12(1), 44–53. <https://doi.org/10.14421/ekbis.v12i1.4883>
- Debriand, R., & Purwanto, M. D. (2024). Rancang bangun alat uji tarik benang. *Prosiding Seminar Nasional Industri Kerajinan dan Batik*, 5(1), D.06 1–14. <https://proceeding.batik.go.id/index.php/SNBK/article/view/253>
- Dincer, M., Karci, E., Sahin, I. H., Emre, C., Ozkendirci, B., Yenigun, E. O., & Cebeci, H. (2023). Effect of linear density on the mechanical properties of 3D spacer composites with improved manufacturing quality. *Composite Structures*, 323, 117518. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2023.117518>
- Engin, B. E., Khajeh, E., & Paksoy, T. (2020). Lean manufacturing and Industry 4.0. In *Logistics* (p. 350). Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.1201/9780429327636-34>
- Erwin, E., Datya, A. I., Nurohim, N., Sepriano, S., Waryono, W., Adhicandra, I., ... & Purnawati, N. W. (2023). *Pengantar & penerapan Internet of Things: Konsep dasar & penerapan IoT di berbagai sektor*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia. <https://books.google.co.id/books?id=5168EAAAQBAJ>
- Frank, E., Hick, M. V. H., Castillo, M., MC, G., & Mamani-Cato, R. H. (2021). Calibration and validation of the mini-fiber EC image analysis instrument mean fiber diameter through direct or primary measurements. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 7(6), 209. <https://doi.org/10.15406/jteft.2021.07.00290>



- Holland, I. B., & Davies, J. A. (2020). Automation in the life science research laboratory. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.571777>
- Hossain, M. I., Steigner, T., Hussain, M. I., & Akther, A. (2024). Enhancing data integrity and traceability in Industry Cyber Physical Systems (ICPS) through blockchain technology: A comprehensive approach. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2405.04837>
- Hossain, S. M. M., Khalil, E., Akter, S., Roy, C. R., Saikat, Bala, P., Amin, M. A., & Rahaman, A. (2025). Comparative study on the quality parameters of ring and rotor spun yarn: A case study. *Advanced Research Journal*, 8(1), 43. <https://doi.org/10.71350/3062192577>
- Hussain, M. I., Bhuiyan, M. Z. A., Sumon, S. A., Akter, S., Hossain, M. I., & Akther, A. (2024). Enhancing data integrity and traceability in Industry Cyber Physical Systems (ICPS) through blockchain technology: A comprehensive approach. *Advances in Artificial Intelligence and Machine Learning*, 4(4), 2883. <https://doi.org/10.54364/aaiml.2024.44168>
- Krishnan, P. S., Krishnan, N. J. S., Dey, A., Sivakumar, S., Ravichandran, S., & Bharathi, M. P. G. (2025). Tech-driven trust: The role of AI and emerging technologies in pharmaceutical quality assurance. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 122. <https://doi.org/10.22159/ijap.2025v17i5.54474>
- Kumbara, A. (2020). Strategi management analisis SWOT pada Lucky Textile Group dalam menghadapi persaingan industri textile. *JEMSI: Jurnal Ekonomi dan Manajemen Sistem Informasi*, 1(5), 464–474. <https://doi.org/10.31933/jemsi.v1i5.187>
- Maulana, G. G., Suhada, M. G., & Purnomo, W. (2025). Decision support system untuk mengukur kinerja mesin stamping berbasis key performance indicator. *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, 10(2), 728. <https://doi.org/10.24114/cess.v10i2.67836>
- Murti, W., Pradifta, R. A., Ikhsani, N., Rusman, F. F., Wijayono, A., & Nurazizah, V. (2024). Pengembangan sistem pengukur pakaian berbasis pengolahan citra digital. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SNAST)*, E259–E268. <https://journal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/view/5253>
- Murti, W., Pradifta, R. A., Wijayono, A., Nurazizah, V., Rusman, F. F., & Ikhsani, N. (2025). Studi perbandingan metode kapasitansi dan metode pengolahan citra digital dalam pengukuran hairiness pada benang spun. *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 5(2), 509–518. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v5i2.3274>
- Nurazizah, V., Wijayono, A., Rusman, F. F., Ikhsani, N., Pradifta, R. A., & Murti, W. (2025). Pengaruh jumlah twist per meter (TPM) dan rangkapan benang terhadap kinerja mekanis benang gintir. *Metode: Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 171–180. <https://doi.org/10.33506/mt.v11i1.3533>
- Pattiapon, D. R., Jamlaay, A. C., Manu, G., & Dahoklory, M. (2024). Alat penggulung benang otomatis dan implementasi digital marketing pada pengrajin tenun. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 10(3), 57–64. <https://proceeding.isas.or.id/index.php/sentrinov/article/view/1662>
- Pradifta, R. A., Murti, W., Rusman, F. F., Ikhsani, N., Wijayono, A., & Nurazizah, V. (2025). Studi pengukuran densitas gulungan benang dengan metode pengolahan citra digital. *Jurnal Teknik Silitek*, 5(1), 363–373. <https://doi.org/10.33506/js.v5i01.3853>



- Rumiyati, V. S. P., Putranto, A. P. E., Amar, A., Nazar, Y., Oktaviani, B., & Rosyadi, H. (2024). Pengaruh nomor benang pakan terhadap kekuatan fisik kain denim. *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 4(2), 66–74. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v4i2.2770>
- Rusman, F. F., Ikhsani, N., Wijayono, A., Nurazizah, V., Pradifta, R. A., & Murti, W. (2024). Studi rancang bangun alat pengukur boiling water shrinkage pada benang tekstil. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SNAST)*, C159–C165. <https://journal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/view/5225>
- Syahrir, S., Sari, A. R., & Kasman, A. F. N. (2024). Perancangan sistem data penerima bibit pertanian di Kantor Pertanian Palopo. *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 4(4), 583. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v4i4.3736>
- Vidal, E., Lorenzetti, A. S., Aguirre, M. Á., Canals, A., & Domini, C. E. (2020). New, inexpensive and simple 3D printable device for nephelometric and fluorimetric determination based on smartphone sensing. *RSC Advances*, 10(33), 19713. <https://doi.org/10.1039/d0ra02975k>
- Wicahyo, D. V., & Tanone, R. (2020). Sistem manajemen hasil produksi berbasis Android menggunakan teknologi QR Code di PT. Pura Nusapersada. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(1), 16–21. <https://doi.org/10.36294/jurti.v4i1.1235>
- Wijayono, A., & Abdillah, F. (2025). Pengaruh penggunaan pin spacer pada pemintalan compact ring spinning terhadap kualitas benang cotton Ne 30. *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Tekstil dan Manajemen Industri*, 8(1), 29–34. <https://doi.org/10.53298/jt.v8i1.144>
- Wijayono, A., & Murti, W. (2024). Study of measuring the cover factor of woven fabrics using image processing techniques. *Sainteks: Jurnal Sain dan Teknik*, 6(2), 245–255. <https://doi.org/10.30870/sainteks.v6i2.25367>
- Wijayono, A., & Putra, V. G. V. (2022). *Implementation of digital image processing and computation technology on measurement and testing of various yarn parameters*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1810.07649>
- Wijayono, A., Nurazizah, V., Ikhsani, N., Rusman, F. F., & Murti, W. (2025). Pengaruh kecepatan delivery roll terhadap nilai densitas volume gulungan benang rangkap pada proses doubling. *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 5(3), 833–845. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v5i3.3551>
- Zhou, B., Wang, H., Wang, K., Zhao, J., Zhou, H., & Huang, S. (2023). Nondestructive test technology research for yarn linear density unevenness. *Autex Research Journal*, 23(1), 132–141. <https://doi.org/10.2478/aut-2021-0044>