

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ALAT DAUR ULANG LIMBAH
KERTAS MENJADI KERTAS MULTIGUNA BERBASIS
MIKROKONTROLER**



Intelligentia - Dignitas

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika

Oleh :

RAMADHAN FAJAR ANGGORO

NIM : 1513619078

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2026

HALAMAN JUDUL

**RANCANG BANGUN ALAT DAUR ULANG LIMBAH
KERTAS MENJADI KERTAS MULTIGUNA BERBASIS
MIKROKONTROLER**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika

Oleh :

RAMADHAN FAJAR ANGGORO

NIM : 1513619078

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2026

RANCANG BANGUN ALAT DAUR ULANG LIMBAH KERTAS MENJADI KERTAS MULTIGUNA BERBASIS MIKROKONTROLER

Ramadhan Fajar Anggoro

Dosen Pembimbing : Dr. Baso Maruddani, M.T. dan Muhamad

Wahyu Iqbal, M.T.

ABSTRAK

Limbah kertas merupakan salah satu jenis sampah yang jumlahnya terus meningkat dan memerlukan pengelolaan yang efektif agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji alat daur ulang limbah kertas menjadi kertas multiguna berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu mengotomatisasi proses penimbangan bahan, pengisian air, pengadukan bubur kertas, dan pengeringan. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* dengan pendekatan V-Model, yang meliputi tahap perancangan, implementasi, serta pengujian setiap subsistem hingga pengujian sistem secara keseluruhan. Sistem menggunakan sensor *load cell* sebagai pengukur massa kertas, sensor *liquid level non-contact* XKC-Y25-V sebagai pendeteksi ketinggian air, sensor suhu DS18B20 untuk memantau suhu ruang pengering, serta aktuator berupa pompa air DC, motor AC, *heater* AC, dan kipas DC yang dikendalikan oleh ESP32. Hasil pengujian menunjukkan bahwa catu daya bekerja dengan penyimpangan tegangan maksimum sebesar 2,60%, sensor *load cell* memiliki selisih pengukuran 0,1–0,4 gram, sensor *liquid level* memberikan waktu respons 0,18–0,22 detik, dan sensor suhu DS18B20 memiliki selisih pengukuran 0,6°C – 0,75°C terhadap multimeter digital. Pengujian integrasi menunjukkan seluruh tahapan proses berjalan dengan baik, sesuai dengan urutan sistem yang telah dirancang. Produk yang dihasilkan berupa lima lembar kertas daur ulang berukuran A4 dengan kondisi kering dan massa rata-rata 5,37 gram, sehingga menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja menjalankan urutan proses dan menghasilkan lembaran kertas daur ulang dengan massa akhir relatif seragam berdasarkan pengamatan sederhana.

Kata kunci: Daur Ulang, ESP32, Limbah Kertas, Mikrokontroler, V-Model.

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MICROCONTROLLER-BASED
WASTE PAPER RECYCLING DEVICE FOR PRODUCING
MULTIPURPOSE PAPER**

Ramadhan Fajar Anggoro

Supervisor : Dr. Baso Maruddani, M.T. and Muhamad Wahyu Iqbal, M.T.

ABSTRACT

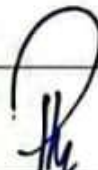
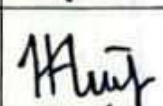
Paper waste is one of the most common types of solid waste whose volume continues to increase, requiring effective management to minimize its negative environmental impacts. This study aims to design, develop, and evaluate a paper waste recycling machine for producing multipurpose paper based on the ESP32 microcontroller, capable of automating the processes of material weighing, water filling, paper pulp mixing, and drying. The research employed the Research and Development (R&D) method using the V-Model approach, which consists of the design, implementation, subsystem testing, and overall system testing stages. The system utilizes a load cell sensor to measure the paper mass, an XKC-Y25-V non-contact liquid level sensor to detect the water level, and a DS18B20 temperature sensor to monitor the drying chamber temperature. The actuators consist of a DC water pump, an AC motor, an AC heater, and a DC fan, all controlled by the ESP32 microcontroller. The test results showed that the power supply operated with a maximum voltage deviation of 2.60%, the load cell sensor achieved a measurement error ranging from 0.1 to 0.4 grams, the liquid level sensor exhibited a response time between 0.18 and 0.22 seconds, and the DS18B20 temperature sensor showed a measurement difference of 0.6°C–0.75°C compared with a digital multimeter equipped with a temperature probe. The integration test demonstrated that all processing stages operated properly according to the predefined system sequence. The developed system successfully produced five sheets of recycled A4-sized paper in dry condition with an average mass of 5.37 grams, indicating that the system was capable of executing the complete recycling process and producing recycled paper sheets with relatively uniform final mass based on simple observational evaluation.

Keywords: ESP32, Microcontroller, Paper Waste, Recycling, V-Model.

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Ramadhan Fajar Anggoro
 NIM : 1513619078
 Program Studi/Fakultas : Pendidikan Teknik Elektronika / Teknik
 Judul Penelitian : Rancang Bangun Alat Daur Ulang Limbah Kertas Menjadi
 Kertas Multiguna Berbasis Mikrokontroler

Ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan *Lulus /Tidak Lulus* *
 Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 16 Juli 2026.
 Tim Penguji,

Ketua Penguji	<u>Drs. Pitoyo Yuliatmojo, M.T.</u> NUPTK. 2040746647130123	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	<u>Vina Oktaviani, S.Pd, M.T.</u> NUPTK. 5344768669230323	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	<u>Ade Ayu Rahmawati, S.T, M.T.</u> NUPTK. 8134774675230223	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	<u>Dr. Baso Maruddani, M.T.</u> NUPTK. 5834761662130302	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	<u>Muhamad Wahyu Iqbal, S.Pd, M.T.</u> NUPTK. 0438774675130243	

Mengetahui,
 Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Nengsih Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
 NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
 Pendidikan Teknik Elektronika



Dr. Baso Maruddani, S.T., M.T.
 NIDN. 0002058301

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Ramadhan Fajar Anggoro
NIM : 151369078
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik
Judul TA : Rancang Bangun Alat Daur Ulang Limbah Kertas Menjadi Kertas
Multiguna Berbasis Mikrokontroler

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 27 Juli 2026

Yang menyatakan,



Ramadhan Fajar Anggoro

NIM. 1513619078



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ramadhan Fajar Anggoro
NIM : 1513619078
Fakultas/Prodi : Teknik / Pendidikan Teknik Elektronika
Alamat email : ramafajarang@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

RANCANG BANGUN ALAT DAUR ULANG LIMBAH KERTAS MENJADI KERTAS
MULTIGUNA BERBASIS MIKROKONTROLER

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 10 Agustus 2026
Penulis

(Ramadhan Fajar Anggoro)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi dengan judul “Rancang Bangun Alat Daur Ulang Limbah Kertas Menjadi Kertas Multiguna Berbasis Mikrokontroler” dapat diselesaikan. Penelitian skripsi ini dibuat dengan tujuan sebagai salah satu syarat untuk mendaftarkan gelar akademik sarjana.

Peneliti menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dari segi penyusunan bahasan dan lain sebagainya. Pada proses pembuatan penelitian skripsi ini tentunya tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, serta kerjasama dari beberapa pihak terkait. Untuk itu dengan kerendahan hati peneliti menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Baso Maruddani, M.T. selaku Koordinator Program Studi S1 Pendidikan Elektronika,
2. Dr. Baso Maruddani, M.T. selaku Dosen Pembimbing I,
3. Muhamad Wahyu Iqbal, M.T. selaku Dosen Pembimbing II,
4. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, dan segala pengorbanannya,
5. Serta semua orang yang telah membantu dalam terselesaikannya penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata peneliti berharap supaya mendapatkan masukan untuk penyempurnaan penelitian skripsi. Semoga penelitian skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 16 Juni 2026

Peneliti,



Ramadhan Fajar Anggoro

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
AMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	6
1.3. Pembatasan Masalah.....	7
1.4. Perumusan Masalah.....	8
1.5. Tujuan Penelitian	8
1.6. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Konsep Pengembangan Produk	10
2.1.1. Model Pengembangan V-Model.....	10
2.2. Konsep Produk Yang Dikembangkan.....	13
2.3. Kerangka Teoritik	17
2.3.1 Daur Ulang.....	18
2.3.2 Limbah Kertas.....	19

2.3.3	ESP32.....	20
2.3.4	Arduino IDE	22
2.3.5	Sensor <i>Load Cell</i>	23
2.3.6	Sensor <i>Liquid Level Non-Contact</i>	27
2.3.7	Sensor Suhu DS18B20.....	29
2.3.8	Motor Listrik AC	31
2.3.9	Pompa Air DC	33
2.3.10	Relay DC 5 V.....	36
2.3.11	<i>Heater</i> AC.....	38
2.3.12	Kipas Angin DC 12 V.....	40
2.3.13	<i>Liquid Crystal Display</i> (LCD).....	41
2.3.14	Modul LCD I2C.....	42
2.4.	Rancangan Produk	43
2.4.1.	Blok Diagram.....	44
2.4.2.	Diagram Alir	47
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	50
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	50
3.2.	Metode Pengembangan Produk	50
3.3.	Tujuan Pengembangan.....	50
3.4.	Metode Pengembangan.....	51
3.5	Sasaran Produk.....	54
3.6	Instrumen Penelitian	55
3.7	Prosedur Pengembangan.....	56
3.7.1.	Analisis Kebutuhan.....	56
3.7.2.	Spesifikasi Sistem.....	57
3.7.3.	Desain Sistem	59

3.7.4. Desain Komponen.....	62
3.7.5. <i>Coding</i>	63
3.7.6. Pengujian Unit	63
3.7.7. Pengujian Integrasi	64
3.7.8. Pengujian Sistem.....	64
3.7.9. Pengujian Penerimaan.....	64
3.8 Teknik Pengumpulan Data.....	65
3.9 Teknik Analisis Data.....	66
3.9.1 Pengujian Sumber Tegangan	67
3.9.2 Pengujian Sensor <i>Load cell</i>	69
3.9.3 Pengujian Sensor <i>Liquid Level Non-Contact</i>	71
3.9.4 Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	72
3.9.5 Pengujian Integrasi Sistem Secara Keseluruhan.....	73
3.9.6 Pengujian Hasil Produk Kertas	74
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	76
4.1. Hasil Pengembangan Produk	76
4.1.1 Analisis Kebutuhan.....	76
4.1.2 Spesifikasi.....	76
4.1.3 Desain Sistem.....	79
4.1.4 Desain Komponen.....	81
4.1.5 <i>Coding</i>	81
4.2. Kelayakan Produk	82
4.2.1. Pengujian Sumber Tegangan	82
4.2.2. Pengujian Sensor <i>Load Cell</i>	83
4.2.3. Pengujian Sensor <i>Liquid Level</i>	85
4.2.4. Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	86

4.2.5. Pengujian Integrasi Sistem Secara Keseluruhan.....	87
4.2.6. Pengujian Hasil Produk Kertas	88
4.3. Pembahasan.....	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	95
5.1. Kesimpulan	95
5.2. Implikasi	96
5.3. Saran	97
DAFTAR PUSTAKA.....	98
LAMPIRAN	102
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	129



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Alur Tahapan V-Model	12
2.2	Limbah Kertas	20
2.3	Pin <i>Out</i> ESP32	20
2.4	Tampilan Utama <i>Software</i> Arduino IDE	23
2.5	Rangkaian Jembatan <i>Wheatstone</i>	24
2.6	Bentuk Fisik Sensor <i>Load Cell</i>	25
2.7	Skema Rangkaian Modul HX711 dengan ESP32	26
2.8	Bentuk Fisik Sensor <i>Liquid Level Non-Contact</i> XKC-Y25-V	28
2.9	Skema Rangkaian Sensor <i>Liquid Level Non-Contact</i> XKC-Y25-V terhubung dengan ESP32	29
2.10	Sensor Suhu DS18B20	29
2.11	Skema Rangkaian Sensor Suhu DS18B20 dengan ESP32	30
2.12	Komponen Motor Listrik	32
2.13	Bentuk Fisik Motor AC	33
2.14	Skema Rangkaian Motor AC dengan ESP32	33
2.15	Skema Rangkaian Pompa Air DC dengan ESP32	35
2.16	Pompa Air DC 12 V	33
2.17	Modul Relay DC 5 V	37
2.18	Skema Rangkaian Modul Relay 5 V	37
2.19	Skema Rangkaian Modul Relay 5 V dengan ESP32	38
2.20	<i>Heater</i> AC	39
2.21	Skema Rangkaian <i>Heater</i> dengan ESP32	40
2.22	Kipas Angin DC 12 V	41
2.23	Skema Rangkaian Kipas Angin DC dengan ESP32	41
2.24	LCD <i>Display</i>	42
2.25	Skema Rangkaian LCD I2C dengan ESP32	43

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.26	Blok Diagram	46
2.27	Diagram Alir Sistem Kerja Alat	49
3.1	Langkah-Langkah Metode Pengembangan V-Model	52
3.2	Desain Wadah Pengaduk Bubur Kertas dan Wadah Penyaringan Bubur Kertas (Tampak Depan)	60
3.3	Lemari Pengering Kertas (Tampak Depan)	60
3.4	Desain Keseluruhan Alat (Tampak Depan)	61
3.5	Skematik Rangkaian	61
4.1	Tampilan Alat Keseluruhan	79
4.2	Tampilan Desain Sistem	80
4.3	Penempatan Rangkaian pada Box Rangka Alat	81
4.4	<i>Library</i> yang Digunakan pada Sistem	82



DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
1.1	Perbandingan Penelitian Relevan	4
2.1	Perbandingan Penelitian yang Relevan	15
2.2	Spesifikasi ESP32	21
2.3	Spesifikasi Sensor <i>Load Cell</i> 10 kg	24
2.4	Spesifikasi Sensor <i>Liquid Level Non-Contact</i> XKC-Y25-V	28
2.5	Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20	30
2.6	Spesifikasi Pompa Air DC 12 V	36
2.7	Spesifikasi Relay DC 5 V	38
2.8	Rincian Komponen <i>Input</i> , Proses, dan <i>Output</i> Alat	46
3.1	Spesifikasi Sistem	57
3.2	Dimensi Alat	59
3.3	Desain Komponen	62
3.4	Konfigurasi Sistem	62
3.5	Pengujian Sumber Tegangan	68
3.6	Pengujian Sensor <i>Load Cell</i>	70
3.7	Pengujian Sensor <i>Liquid Level Non-Contact</i>	72
3.8	Pengujian Sensor Suhu DS18B20	73
3.9	Pengujian Integrasi Sistem Secara Keseluruhan	74
3.10	Pengujian Hasil Produk Kertas	75
4.1	Spesifikasi Final	77
4.2	Pengujian Sumber Tegangan	83
4.3	Pengujian Sensor <i>Load Cell</i>	84
4.4	Pengujian Sensor <i>Liquid Level</i>	85
4.5	Pengujian Sensor Suhu DS18B20	87
4.6	Pengujian Integrasi Sistem Secara Keseluruhan	88
4.7	Pengujian Hasil Produk Kertas	89

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1	Dokumentasi Produk Alat	103
2	Letak Komponen	103
3	Gambar Teknik Alat dan Dimensi	104
4	Skematik Rangkaian & <i>Wiring Diagram</i>	104
5	Konfigurasi Pin ESP32	106
6	Pengujian Sumber Tegangan	106
7	Pengujian Sensor <i>load cell</i>	107
8	Pengujian Sensor Suhu	109
9	Hasil Produk Kertas	110
10	Perhitungan <i>Error</i> Pengujian	111
11	Kode Program ESP32	116

