



**RANCANG BANGUN SISTEM REGENERASI OTOMATIS *SILICA GEL*
PADA *DEHYDRATING BREATHER* TRANSFORMATOR
MENGUNAKAN ESP32 DAN BLYNK**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Oleh:
Putri Amanda Fitria Arta Nugroho
40040622650032

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM REGENERASI OTOMATIS *SILICA GEL* PADA
DEHYDRATING BREATHER TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN ESP32 DAN
BLYNK**

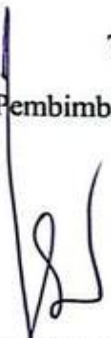
Diajukan Oleh :

Putri Amanda Fitri Arta Nugroho

NIM : 40040622650032

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH :

Dosen Pembimbing,


Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP.197710012001121002

Tanggal... 30 September 2026

Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik
Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas
Diponegoro


Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP.197710012001121002

Tanggal... 30 September 2026

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM REGENERASI OTOMATIS *SILICA GEL*
PADA *DEHYDRATING BREATHER* TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN
ESP32 DAN BLYNK**

Diajukan Oleh :

Putri Amanda Fitri Arta Nugroho

NIM : 40040622650032

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 30 September 2026

Penguji I



Yuniarto, S.T., M.T.
IP.197106151998021001

Penguji II



Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T.
NIP. 198908202019031012

Penguji III



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP.197710012001121002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Listrik

Industri Sekolah Vokasi Universitas

Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

SURAT PERTANYAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Amanda Fitri Arta Nugroho
NIM : 40040622650032
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN SISTEM REGENERASI
OTOMATI *SILICA GEL* PADA DEHYDRATING
BREATHER TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN
ESP32 DAN BLYNK

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 30 September 2026



Putri Amanda Fitri Arta Nugroho
NIM.40040622650032

HALAMAN PERSEMBAHAN

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah melalui berbagai proses, tantangan, serta memperoleh banyak pengalaman yang berharga. Keberhasilan dalam menyelesaikan karya ini tidak terlepas dari doa, dukungan, motivasi, dan bantuan dari berbagai pihak yang senantiasa hadir dalam setiap langkah penulis. Oleh karena itu, dengan penuh rasa serta kerendahan hati, penulis mempersembahkan kepada:

1. Allah SWT, Segala puji dan syukur kupanjatkan kepada-Mu, yang telah memberikan kehidupan, kesehatan, kekuatan, dan kesempatan untuk menyelesaikan karya ini. Tanpa rahmat dan ridho-Mu, perjalanan ini tidak akan sampai pada titik ini. Semoga setiap ilmu dan pengalaman yang didapat menjadi berkah bagi diri ini dan orang-orang di sekitar.
2. Kedua orang tua tercinta. Terima kasih atas kasih sayang, doa, pengorbanan, dan dukungan yang tidak pernah putus. Setiap doa dan semangat dari Ayah dan Ibu menjadi kekuatan bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Karya sederhana ini penulis persembahkan sebagai wujud rasa syukur, cinta, dan bakti kepada Ayah dan Ibu. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan kepada Bapak dan Ibu.
3. Nenek kakek dan keluarga besar . Terima kasih atas segala perhatian, dukungan, doa, motivasi, serta semangat yang selalu diberikan kepada penulis. Kehadiran dan dukunganmu menjadi salah satu penyemangat bagi penulis untuk terus berusaha, bangkit ketika menghadapi kesulitan, dan tetap percaya bahwa setiap proses akan membuahkan hasil yang terbaik.
4. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri dan selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing, memberikan arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.

6. Seluruh dosen dan staff Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Informasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro..
7. Kumpulan Ustadzah (Caca, Andien, Hanifah, Anan, Keyla, Hanun) teman dekat penulis pada masa kuliah. Terimakasih untuk menemani penulis berjuang bersama selalau mendukung penulis menjadi tempat pulang sang penulis, Kumpulan Ustadzah selalu di hati sang penulis yang paling dalam
8. Apaya (Rachel, Hilma, Zenia, Wawa, Diva) teman dekat penulis beribu kata yang tidak bisa diungkapkan . Terimakasih untuk selalu mendukung dan selalu membuat penulis percaya diri dan selalu semangat, terimakasih Apaya selalu di hati penulis yang paling dalam.
9. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan selama penyusunan tugas akhir.
10. Diri Sendiri, terima kasih karena tidak menyerah, meskipun keadaan tidak selalu mendukung. Terima kasih karena tetap melangkah, walaupun perlahan. Setiap langkah kecil yang diambil merupakan bagian dari pencapaian yang patut dihargai. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat bahwa setiap perjuangan, sekecil apa pun, akan selalu membuahkan hasil ketika dijalani dengan kesabaran, doa, dan keyakinan.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, serta berbagai bentuk kontribusi sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

ABSTRAK

Dehydrating breather pada transformator menggunakan *silica gel* sebagai media penyerap kelembapan udara untuk menjaga kualitas sistem isolasi. Seiring penggunaannya, *silica gel* dapat mengalami kejenuhan sehingga diperlukan proses regenerasi untuk mengembalikan kemampuan menyerap kelembapan. Proses regenerasi yang dilakukan secara manual memerlukan pemeriksaan kondisi warna dan pengawasan proses pemanasan secara langsung. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem regenerasi otomatis *silica gel* berbasis ESP32 yang mampu mendeteksi kondisi *silica gel*, mengendalikan proses pemanasan, serta melakukan monitoring secara jarak jauh. Sistem menggunakan sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi kondisi *silica gel* berdasarkan nilai R (*Red*), G (*Green*), dan B (*Blue*), *Thermocouple Type-K* dengan modul MAX6675 untuk mengukur suhu, serta *heater* yang dikendalikan menggunakan relay dan SCR *Dimmer*. Sistem monitoring menggunakan aplikasi Blynk dan Google Spreadsheet untuk menampilkan serta menyimpan data secara *real-time*. Hasil pengujian sensor TCS3200 menunjukkan bahwa kondisi *silica gel* biru (kering) memiliki rata-rata nilai RGB sebesar 131,6; 141,2; dan 113,2, sedangkan kondisi ungu (basah) sebesar 81,6; 102,0; dan 82,0. Nilai *coefficient of variation* (CV) berada pada rentang 0,32%–1,20%, yang menunjukkan kestabilan pembacaan sensor. Pengujian *Thermocouple Type-K* menghasilkan rata-rata *error* sebesar 2,02% terhadap termometer acuan. Pengujian SCR *Dimmer* pada 25%, 50%, dan 75% menghasilkan laju kenaikan suhu masing-masing sekitar 2,2°C/menit, 7,4°C/menit, dan 20°C/menit. Pada pengujian proses regenerasi, *silica gel* berhasil berubah dari kondisi ungu (basah) menjadi biru (kering) dalam waktu 80 menit, dengan suhu akhir 126°C, sehingga *heater* dapat dimatikan secara otomatis berdasarkan deteksi kondisi warna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengintegrasikan pendeteksian warna, pengukuran suhu, pengendalian *heater*, dan monitoring berbasis IoT dalam satu sistem regenerasi otomatis.

Kata kunci: *silica gel*, regenerasi otomatis, ESP32, TCS3200, *Thermocouple Type-K*, MAX6675, Blynk, IoT.

ABSTRACT

Transformer dehydrating breather uses silica gel as a moisture-absorbing medium to maintain the quality of the insulation system. During operation, silica gel can become saturated, requiring a regeneration process to restore its moisture absorption capability. Manual regeneration requires direct inspection of the silica gel color condition and supervision of the heating process. This study aims to design and develop an automatic silica gel regeneration system based on an ESP32 that is capable of detecting the condition of silica gel, controlling the heating process, and providing remote monitoring. The system uses a TCS3200 color sensor to detect the condition of silica gel based on R (Red), G (Green), and B (Blue) values, a Type-K Thermocouple with a MAX6675 module to measure temperature, and a heater controlled using a relay and SCR Dimmer. The monitoring system uses the Blynk application and Google Spreadsheet to display and store data in real time. The TCS3200 sensor test results showed that the blue (dry) silica gel condition had average RGB values of 131.6, 141.2, and 113.2, respectively, while the purple (wet) condition had average values of 81.6, 102.0, and 82.0. The coefficient of variation (CV) ranged from 0.32% to 1.20%, indicating stable sensor readings. The Type-K Thermocouple test produced an average error of 2.02% compared with the reference thermometer. Testing of the SCR Dimmer at 25%, 50%, and 75% resulted in temperature rise rates of approximately 2.2°C/minute, 7.4°C/minute, and 20°C/minute, respectively. In the regeneration process test, the silica gel successfully changed from purple (wet) to blue (dry) within 80 minutes at a final temperature of 126°C, allowing the heater to be automatically turned off based on the detected color condition. The test results indicate that the system is capable of integrating color detection, temperature measurement, heater control, and IoT-based monitoring into a single automatic silica gel regeneration system.

Keywords: silica gel, automatic regeneration, ESP32, TCS3200, Type-K Thermocouple, MAX6675, Blynk, IoT.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan proposal tugas akhir dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM REGENERASI OTOMATI *SILICA GEL* PADA *DEHYDRATING BREATHER* TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN ESP32 DAN BLYNK ESP32” tanpa ada suatu halangan yang berarti. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penyusun banyak memperoleh petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan kali ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Allah SWT, Segala puji dan syukur kupanjatkan kepada-Mu, yang telah memberikan kehidupan, kesehatan, kekuatan, dan kesempatan untuk menyelesaikan karya ini. Tanpa rahmat dan ridho-Mu, perjalanan ini tidak akan sampai pada titik ini. Semoga setiap ilmu dan pengalaman yang didapat menjadi berkah bagi diri ini dan orang-orang di sekitar.
2. Kedua orang tua . Tiada kata yang mampu menggambarkan besarnya kasih sayang, doa, dan pengorbanan yang telah kalian berikan. Setiap doa yang dipanjatkan serta setiap dukungan yang diberikan menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus melangkah hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini karya sederhana ini merupakan wujud rasa syukur dan terima kasih atas segala cinta serta pengorbanan yang telah diberikan. Terima kasih atas segalanya.
3. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro dan sebagai pembimbing laporan Tugas Akhir.
5. Seluruh dosen dan staff Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Informasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
6. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik

Industri Angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan selama penyusunan tugas akhir.

7. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu atas bantuan dan saran yang telah diberikan sehingga tugas akhir dapat diselesaikan dengan baik.

Semarang, 30 September 2026



Putri Amanda Fitri Arta Nugroho
NIM.40040622650032

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERTANYAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir	3
1.5 Pembatasan Masalah	4
1.6 Sistematika Tugas Akhir	5
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Dasar Teori.....	10
2.2.1 Transformator.....	10
2.2.2 <i>Dehydrating Breather</i> pada Transformator.....	12

2.2.3 <i>Silica gel</i>	13
2.2.4 Regenerasi <i>Silica gel</i>	16
2.2.5 Sistem <i>ON/OFF</i> dan Otomatisasi	17
2.2.6 ESP32.....	18
2.2.7 Sensor Warna TCS3200.....	20
2.2.8 <i>Thermocouple</i>	22
2.2.9 Modul MAX6675.....	24
2.2.10 Relay	28
2.2.11 <i>Heater</i>	31
2.2.12 Modul <i>Step Down</i> MP1584.....	33
2.2.13 LCD I2C.....	36
2.2.14 Modul Adaptor 12V	37
2.2.15 Transistor	39
2.2.16 Scr Dimmer	40
2.2.17 Sistem Monitoring Suhu dan Warna	42
2.2.18 Google <i>Spreadsheet</i> sebagai Media Penyimpanan Data.....	42
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR	44
3.1 Perancangan <i>Hardware</i>	44
3.2 Diagram Blok.....	45
3.3 Desain 3D Alat.....	47
3.4 Wiring Diagram	50
3.5 Prinsip Kerja Sistem.....	52
3.6 Perancangan Software.....	54
3.7 Flow Chart.....	56
3.8 Perancangan Blynk.....	58

3.9 Penentuan Suhu Aman <i>Silica Gel</i>	62
3.10 Penentuan Parameter Klasifikasi Sensor Warna	63
BAB IV PEMBUATAN ALAT	66
4.1 Pembuatan <i>Prototype</i>	66
4.2 Alat dan Bahan	67
4.3 Perancangan Mekanik	69
4.4 Perancangan Elektrik	70
4.5 Perancangan PCB	73
4.7 Pembuatan Perangkat Lunak	75
4.8 Inisialisasi Sistem	76
4.8.1 Konfigurasi Sensor <i>Thermocouple Type-K</i> dan MAX6675	77
4.8.2 Konfigurasi Wi-Fi dan Blynk	79
4.8.3 Konfigurasi Sensor TCS3200	80
4.8.4 Konfigurasi Google <i>Spreadsheet</i>	81
4.8.5 Konfigurasi Pembacaan Sensor dan Logika <i>Input</i> Sistem	82
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT	85
5.1 Pengujian dan Analisa	85
5.1.1 Pengujian dan Analisa SCR Dimmer	85
5.1.2 Pengujian dan Analisa <i>Thermocouple type – k</i>	89
5.1.3 Pengujian dan Analisa Sensor TCS3200	91
5.1.4 Pengujian dan Analisa Proses Regnerasi	94
5.1.5 Pengujian dan Analisa Monitoring Pada Google <i>Spreadsheet</i>	96
5.1.6 Suhu Maksimal Pengujian <i>Trial and Error</i> Penetuan Suhu	98
5.1.7 Pengujian dan Analisa Keseluruhan Sistem	101
BAB VI KESIMPULAN	105

6.1 Kesimpulan	105
6.2 Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN.....	xix
Lampiran 1. Program Rancang Bangun	xix
Lampiran 2. Foto Pembuatan Alat dan Pengujian Alat.....	xxvii
Lampiran 3. Datasheet	xxx

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator.....	10
Gambar 2.2 Dehydrating Breather	12
Gambar 2. 3 Silica gel.....	13
Gambar 2.4 ESP32	18
Gambar 2.5 Pinout ESP32[9].....	19
Gambar 2.6 Sensor Warna TCS3200	20
Gambar 2.7 Pinout TCS3200	21
Gambar 2.8 Thermocouple type k.....	22
Gambar 2.9 Modul MAX6675	24
Gambar 2.10 Pinout Modul MAX6675	26
Gambar 2.11 Relay.....	28
Gambar 2.12 Pinout Modul Relay	30
Gambar 2.13 Heater	31
Gambar 2 .14Modul Step Down MP1584	33
Gambar 2 .15 Pinout Modul Step Down MP1584	34
Gambar 2.16 LCD I2C	36
Gambar 2.17 Modul Adaptor 12V	37
Gambar 2.18 Transistor.....	39
Gambar 2 .19 Scr Dimmer	40
Gambar 3.1 Diagram Blok	45
Gambar 3.2 Desain 3D Alat Tampak Depan	47
Gambar 3.3 Gambar 3D Alat Tampak Samping.....	47
Gambar 3.4 Wiring Diagram.....	50
Gambar 3.5 Flow Chart.....	56
Gambar 3.6 Tampilan Awal Perancangan Blynk.....	59
Gambar 3.7 Pembuatan Virtual Pin Blynk.....	59
Gambar 3.8 Pembuatan Virtual Pin Blynk.....	60
Gambar 3.9 <i>Dashboard</i> Blynk	61
Gambar 4.1 Kerangka Tangki Tampak Samping Kanan	69

Gambar 4.2 Kerangka Tangki Tampak Depan	69
Gambar 4.3 Kerangka Tangki Tampak Samping Kiri	70
Gambar 4.4 Penempatan Komponen.....	71
Gambar 4.5 Desain PCB	73
Gambar 4.6 Insialisasi Sistem	76
Gambar 4.7 Konfigurasi Sensor <i>Thermocouple Type-K</i> dan MAX6675	78
Gambar 4.8 Konfigurasi Wi-Fi dan Blynk.....	79
Gambar 4.9 Konfigurasi Sensor TCS3200	80
Gambar 4.10 Konfigurasi Google <i>Spreadsheet</i>	82
Gambar 4.11 Konfigurasi Pembacaan Sensor dan Logika <i>Input</i> Sistem	83
Gambar 5.1 Hasil Percobaan Monitoring Pada Google <i>Spreadsheet</i>	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin Sensor Warna TCS3200	21
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor TCS3200[10]	22
Tabel 2.3 Spesifikasi Thermocouple type k [11]	23
Tabel 2.4 Spesifikasi Modul MAX6675[12]	25
Tabel 2.5 Konfigurasi Pinout Modul MAX6675[12]	26
Tabel 2.6 Spesifikasi Modul Relay[13]	28
Tabel 2.7 Pinout Modul Relay	30
Tabel 2.8 Spesifikasi Heater	32
Tabel 2.9 Spesifikasi Modul Step Down MP1584[14]	33
Tabel 2.10 Pinout Modul Step Down MP1584[14]	35
Tabel 2.11 Spesifikasi LCD[15]	36
Tabel 2.12 Spesifikasi Modul Adaptor[16]	38
Tabel 2.13 Spesifikasi Transistor TIP122	39
Tabel 2.14 Spesifikasi Scr Dimmer	41
Tabel 3.2 Data Pembacaan RGB <i>Silica Gel</i> Ungu	63
Tabel 3.3 Data Pembacaan RGB <i>Silica Gel</i> Biru	64
Tabel 3.4 Hasil Parameter Acuan Dalam Menentukan Kondisi <i>Silica Gel</i>	64
Tabel 4.1 Alat Pembuatan Tugas Akhir	68
Tabel 4.2 Bahan Pembuatan Tugas Akhir	68
Tabel 5.1 Tabel Pengujian SCR Dimmer 25%	87
Tabel 5.2 Tabel Pengujian SCR Dimmer 50%	87
Tabel 5.3 Tabel Pengujian SCR Dimmer 75%	87
Tabel 5.4 Tabel Pengujian <i>Thermocouple type – k</i>	90
Tabel 5.5 Tabel Data Hasil Percobaan Sensor TCS3200	92
Tabel 5.6 Perhitungan dan Hasil Percobaan Sensor TCS3200	92
Tabel 5.7 Tabel Pengujian Proses Regenerasi <i>Silica gel</i>	94
Tabel 5.8 Pengujian <i>Trial and Error</i> Penentuan Suhu	98
Tabel 5.9 Pengujian Keseluruhan Sistem	102