Jurnal Teliska
Volume 19 No.3 November 2026
DOI : 10.36257/scf04s92

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

KARAKTERISASI EKSPERIMENTAL TERMINATOR RF BERBASIS ABSORBER SEKAM PADI BAKAR PADA RENTANG FREKUENSI 2–7,5 GHz

Munawar[1]*, Jufriadi[2], Yuliadi Amran[3], Muhammad[4], Nasri[5], Syahrul Azmi[6], Eliyani[7]
[1],[3-7]Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Indonesia
[2]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Indonesia
*Email korespondensi: munawar@pnl.ac.id
Submitted : 27 September 2026 | **Accepted** : 19 Oktober 2026 | **Published** : 5 November 2026

ABSTRAK
Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja *terminator radio frequency* (RF) satu-port berbasis sekam padi bakar pada rentang 2–7,5 GHz melalui parameter S11 dan *voltage standing wave ratio* (VSWR). Prototipe menggunakan casing besi hollow 50 mm × 30 mm × 30 mm berkonektor SMA yang diisi langsung serbuk sekam padi bakar tanpa binder atau aktivasi kimia. Pengukuran dilakukan dengan SIGLENT SVA1075X setelah kalibrasi satu-port Open–Short–Load (OSL), dengan kriteria VSWR ≤ 2 atau S11 ≤ −9,54 dB. Terminator juga dilepas-pasang beberapa kali untuk memeriksa konsistensi pemasangan secara kualitatif. Hasil menunjukkan batas bawah kerja sekitar 3,18 GHz. Nilai S11 minimum terdokumentasi sebesar −50,74 dB pada 5,377165 GHz dengan VSWR ≈ 1,006, sedangkan pada 7,4903 GHz S11 masih −30,73 dB. Respons tetap memenuhi kriteria hingga batas alat 7,5 GHz, sehingga rentang kerja teramati membentang dari sekitar 3,18 GHz hingga setidaknya 7,5 GHz dengan span minimum 4,32 GHz. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan langsung sekam padi bakar yang diproses sederhana sebagai pengisi absorber pada terminator RF logam satu-port berkonektor SMA. Hasil ini menunjukkan potensi konfigurasi sederhana untuk terminasi RF berentang lebar, dengan respons yang merepresentasikan kinerja keseluruhan perangkat.
Kata kunci: Absorber gelombang elektromagnetik; Sekam padi bakar; S11; Terminator RF; VSWR

ABSTRACT
This study evaluates a one-port radio-frequency (RF) terminator using burned rice husk over 2–7.5 GHz through the S11 parameter and voltage standing wave ratio (VSWR). The prototype used a 50 mm × 30 mm × 30 mm hollow-steel casing with an SMA connector, directly filled with burned rice husk powder without binder or chemical activation. Measurements used a SIGLENT SVA1075X after one-port Open–Short–Load (OSL) calibration, with VSWR ≤ 2 or S11 ≤ −9.54 dB as the operating criterion. The terminator was disconnected and reconnected several times for a qualitative consistency check. The lower operating boundary was approximately 3.18 GHz. The lowest documented S11 was −50.74 dB at 5.377165 GHz with VSWR ≈ 1.006, while at 7.4903 GHz S11 remained −30.73 dB. The response satisfied the criterion up to the 7.5 GHz instrument limit, giving an observed range from approximately 3.18 GHz to at least 7.5 GHz and a minimum span of 4.32 GHz. The novelty lies in directly applying simply processed burned rice husk as an absorber filling in a one-port metallic RF terminator with an SMA connector. The results demonstrate its potential for wide-range RF termination. The measured response represents the performance of the complete device.
Keywords: *burned rice husk; electromagnetic absorber; RF terminator; S11; VSWR*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem telekomunikasi dan komunikasi nirkabel meningkatkan kebutuhan terhadap komponen radio frequency (RF) yang memiliki pencocokan impedansi baik dan refleksi rendah. Studi pada Jurnal TELISKA mengenai implementasi jaringan point-to-point dan perencanaan LTE menunjukkan konteks penerapan sistem RF pada komunikasi nirkabel [1], [2]. Pada sisi pengujian perangkat, terminator RF digunakan untuk mengakhiri saluran transmisi dengan beban yang mendekati impedansi karakteristik sehingga energi yang dipantulkan kembali ke sumber dapat diminimalkan. Kinerja terminator satu-port dapat dievaluasi melalui parameter S11, return loss, dan voltage standing wave ratio (VSWR) [3].

Material penyerap gelombang elektromagnetik berbasis biomassa berkembang sebagai alternatif karena berasal dari sumber terbarukan, berpotensi berbiaya rendah, dan dapat memiliki struktur berpori serta mekanisme rugi dielektrik setelah perlakuan termal. Kajian terkini menunjukkan bahwa karbon turunan biomassa dapat menghasilkan kemampuan atenuasi melalui kombinasi pencocokan impedansi, rugi konduksi, polarisasi, dan multiple scattering pada struktur berpori [4], [5]. Sekam padi merupakan salah satu biomassa yang menarik karena tersedia melimpah sebagai limbah pertanian dan mengandung fraksi organik serta silika yang dapat membentuk struktur karbon-silika setelah perlakuan termal.

Literatur sekam padi mencakup pendekatan sederhana hingga pemrosesan material terkontrol. Peneliti [6] menguji sekam padi dan sekam padi bakar pada 2–4 GHz dengan metode free-space. Studi berikutnya meningkatkan performa melalui aktivasi, karbonisasi terkontrol, pelapisan, dan komposit magnetik [7]–[13]. Pendekatan tersebut menunjukkan potensi karbon turunan sekam padi sebagai absorber, tetapi umumnya membutuhkan proses material yang lebih kompleks.

Penelitian ini mengambil pendekatan berbeda dengan menggunakan sekam padi yang dibakar secara konvensional, kemudian dimasukkan langsung ke casing besi hollow sebagai pengisi absorber terminator satu-port berkonektor SMA. Berdasarkan literatur yang ditinjau, konfigurasi terminator logam kompak dengan pengisi sekam padi bakar sederhana belum menjadi fokus utama. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan langsung material tersebut dalam perangkat terminator dan karakterisasi respons S11 pada 2–7,5 GHz, bukan pada klaim kebaruan material. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi refleksi, menentukan daerah VSWR ≤ 2, mengidentifikasi pencocokan terbaik, dan mengestimasi rentang kerja. Hipotesis kerja menyatakan bahwa konfigurasi ini mampu menghasilkan refleksi rendah dengan respons yang tetap konsisten setelah pemasangan ulang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terminator RF, S11, Return Loss, dan VSWR

Terminator RF merupakan beban satu-port yang digunakan pada ujung saluran transmisi untuk menekan refleksi gelombang. Jika impedansi beban sama dengan impedansi karakteristik sistem, koefisien refleksi ideal mendekati nol. Pada pengukuran satu-port menggunakan VNA, besarnya gelombang yang dipantulkan dinyatakan melalui S11. Hubungan antara S11, koefisien refleksi Γ, return loss (RL), dan VSWR menjadi dasar kuantitatif untuk menilai kualitas pencocokan impedansi [3].

$$S11(dB) = 20 \log10 |\Gamma| \quad (2.1)$$

$$RL = -20 \log10 |\Gamma| = -S11(dB) \quad (2.2)$$

$$VSWR = (1 + |\Gamma|) / (1 - |\Gamma|) \quad (2.3)$$

Dalam penelitian ini digunakan batas VSWR ≤ 2. Untuk VSWR = 2 diperoleh |Γ| = 1/3, sehingga S11 = −9,54 dB atau return loss = 9,54 dB. Oleh karena itu, daerah kerja diterima ketika S11 ≤ −9,54 dB. Batas tersebut digunakan sebagai kriteria praktis untuk membaca respons perangkat, bukan sebagai klaim standar universal untuk seluruh jenis terminator.

2.2 Sekam Padi sebagai Material Absorber Gelombang Mikro

Penelitian [6] membandingkan sekam padi dan sekam padi bakar pada 2–4 GHz menggunakan pengukuran free-space untuk memperoleh reflection loss dan permitivitas sebagai masukan simulasi CST. Konfigurasi tersebut merupakan karakterisasi material, bukan terminator satu-port SMA. Pada

penelitian yang lebih baru, sekam padi umumnya diolah menjadi karbon berpori atau komposit. Pada penelitian [7] melaporkan RL minimum −47,463 dB dan EAB 3,402 GHz, sedangkan penambahan Ni meningkatkan RL minimum menjadi −58,504 dB [8]. Komposit Co3Fe7/karbon sekam padi mencapai RL minimum −68,106 dB dengan EAB hampir 5 GHz [9].

Studi lain melaporkan NiCo2/karbon sekam padi dengan RL −55,62 dB dan EAB 4,24 GHz [10], Cu7.2S4/karbon berpori dengan EAB 6,205 GHz [11], struktur ZnO/NiCo/C dengan EAB 4,96 GHz [12], serta biokarbon hasil aktivasi garam cair dengan RL −64,4 dB [13]. Hasil tersebut menegaskan pentingnya struktur pori, rugi dielektrik/magnetik, dan pencocokan impedansi.

Nilai *reflection loss* pada studi material tidak dapat dibandingkan langsung dengan S11 perangkat penelitian ini karena geometri, ketebalan, metode karakterisasi, dan definisi bandwidth berbeda. Literatur tersebut digunakan sebagai landasan bahwa fraksi karbon dan struktur hasil perlakuan sekam padi dapat memberikan rugi elektromagnetik. Penelitian ini tidak mengoptimasi material secara kimia atau termal, melainkan menguji kelayakan sekam padi bakar sederhana sebagai pengisi terminator logam satu-port.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Material dan Karakterisasi Awal

Material absorber berasal dari sekam padi yang dibakar secara konvensional tanpa pengendalian temperatur, waktu, atau atmosfer pembakaran. Serbuk hasil pembakaran digunakan langsung tanpa binder, resin, aktivasi kimia, maupun material magnetik. Karakterisasi dilakukan di Laboratorium Pengujian Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe. Berdasarkan Laporan Hasil Uji No. Contoh 21012026 tanggal 22 Januari 2026, sampel “Abu Sekam hitam” memiliki kadar karbon 48% menurut ASTM D-3172 dan kadar air 4,2% menurut ASTM D-3173. Istilah “kadar karbon” dipertahankan sesuai laporan laboratorium dan tidak ditafsirkan sebagai fixed carbon atau karbon elemental.

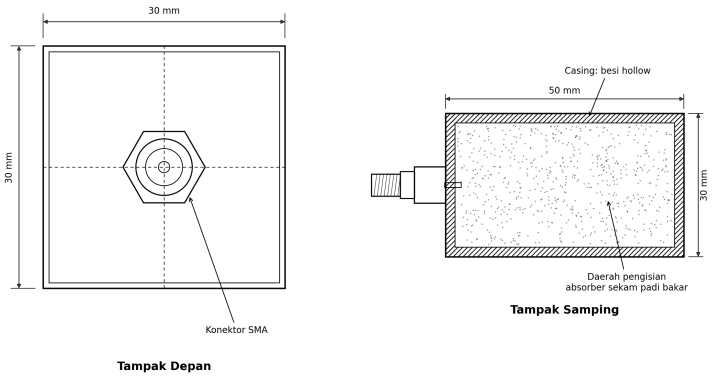
Tabel 1. Karakteristik awal material sekam padi bakar

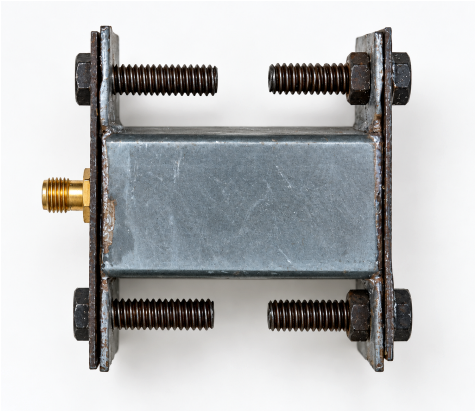
Parameter	Hasil	Acuan/metode
Bahan awal	Sekam padi	—
Sampel hasil uji	Abu Sekam hitam	Laporan hasil uji laboratorium
Bentuk setelah pembakaran	Serbuk	Digunakan langsung
Kadar karbon	48%	ASTM D-3172
Kadar air	4,2%	ASTM D-3173
Binder/aktivasi kimia	Tidak digunakan	—

3.2. Desain dan Konstruksi Terminator

Casing terminator dibuat dari besi hollow berbentuk prisma dengan panjang 50 mm dan penampang 30 mm × 30 mm. Konektor SMA dipasang pada permukaan depan casing sebagai port masukan RF. Rongga internal kemudian diisi dengan serbuk sekam padi bakar melalui metode penuangan langsung hingga ruang absorber terisi. Tidak dilakukan pemadatan dengan tekanan terukur. Karena casing logam,

konektor, geometri rongga, dan densitas pengisian ikut memengaruhi medan elektromagnetik, hasil penelitian diperlakukan sebagai respons keseluruhan terminator dan bukan karakteristik intrinsik material sekam padi bakar saja. Geometri, susunan, dan foto prototipe terminator ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.





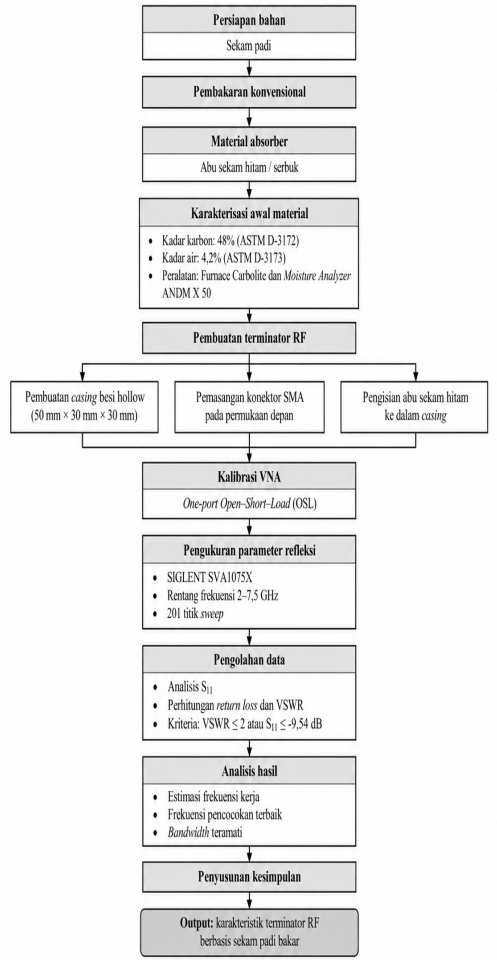
Gambar 1. Desain tampak depan, tampak samping, dan foto prototipe terminator RF berbasis absorber sekam padi

3.3. Sistem Pengukuran dan Kalibrasi VNA

Pengukuran refleksi dilakukan menggunakan SIGLENT SVA1075X Vector Network Analyzer (VNA) pada rentang 2–7,5 GHz. Sebelum pengukuran, VNA dikalibrasi menggunakan prosedur one-port Open–Short–Load (OSL). Kalibrasi dilakukan pada jalur pengukuran yang sama dengan pengujian untuk mengoreksi kesalahan sistematik utama pada pengukuran refleksi, seperti directivity, source match, dan reflection tracking. Setelah kalibrasi, terminator dipasang pada port VNA melalui konektor SMA dan dilakukan sweep frekuensi pada 201 titik, sebagaimana terlihat pada dokumentasi layar instrumen.

Urutan eksperimen meliputi pembakaran sekam padi, pengujian kadar karbon dan kadar air, pembuatan casing dan pemasangan SMA, pengisian absorber, kalibrasi OSL, pengukuran S11 pada 2–7,5 GHz, dan evaluasi terhadap batas S11 = −9,54 dB. Data sweep numerik CSV/Touchstone tidak tersimpan; analisis kuantitatif menggunakan marker pada dokumentasi layar VNA. Karena hanya satu marker berada sangat dekat dengan batas penerimaan, titik crossing tidak diinterpolasi dan batas bawah dilaporkan konservatif sekitar 3,18 GHz.

Diagram alir metodologi penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alir metodologi penelitian terminator RF berbasis absorber sekam padi bakar.

3.4. Skenario Pemeriksaan Konsistensi Pemasangan dan Hipotesis Evaluasi

Selain pengukuran utama, dilakukan skenario pemeriksaan konsistensi pemasangan dengan cara melepas terminator dari port VNA dan memasangnya kembali beberapa kali tanpa mengubah konfigurasi perangkat maupun material pengisi. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menilai apakah pola respons S11 yang teramati hanya muncul pada satu kondisi pemasangan konektor atau tetap konsisten setelah pemasangan ulang. Pada beberapa kali lepas–sambung tersebut, respons S11 yang ditampilkan VNA tidak menunjukkan perubahan yang berarti secara visual.

Skenario lepas–sambung digunakan untuk mendukung hipotesis bahwa terminator berpengisi sekam padi bakar menghasilkan refleksi rendah dan respons yang konsisten terhadap pemasangan ulang. Karena data sweep setiap pengulangan tidak tersimpan, evaluasi konsistensi bersifat kualitatif dan bukan repeatability metrologis. Penelitian tidak menggunakan casing kosong sebagai kontrol karena konfigurasi tersebut tidak diuji pada eksperimen awal.

3.5. Parameter Evaluasi

Tiga parameter utama digunakan dalam evaluasi, yaitu S11, return loss, dan VSWR. Kriteria kerja ditetapkan pada VSWR ≤ 2 atau S11 ≤ −9,54 dB. Dalam penelitian ini, rentang kerja teramati didefinisikan sebagai daerah pada dokumentasi kurva yang secara visual berada pada atau di bawah batas S11 = −9,54 dB secara kontinu. Karena data sweep digital tidak tersedia, besaran ini diperlakukan sebagai estimasi dari dokumentasi pengukuran, bukan bandwidth metrologis dengan ketidakpastian terkuantifikasi.

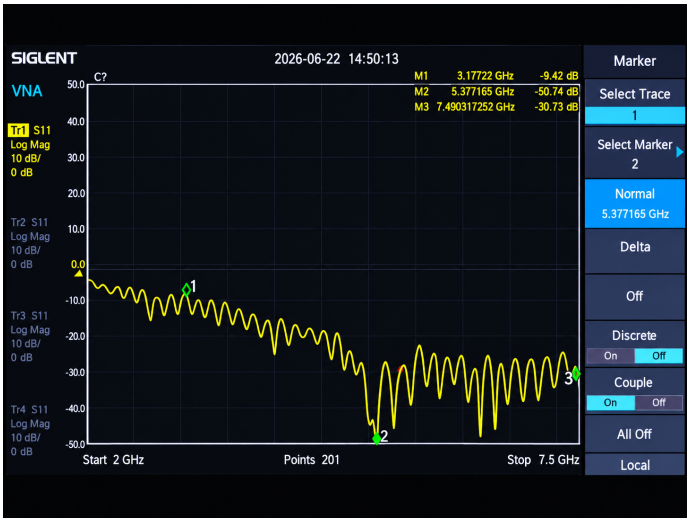
$$BW = f_H - f_L \quad \text{..... (3.1)}$$

Karena batas atas instrumen hanya 7,5 GHz dan respons pada ujung rentang masih memenuhi kriteria, batas atas sebenarnya belum teridentifikasi. Batas bawah juga hanya dapat dilaporkan sekitar 3,18 GHz dari dokumentasi layar. Oleh sebab itu, hasil yang dilaporkan pada bagian berikut dinyatakan sebagai rentang kerja teramati minimum dalam jendela pengukuran, bukan bandwidth absolut perangkat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Respons S11 pada Rentang 2–7,5 GHz

Gambar 3 menunjukkan dokumentasi pengukuran S11 terminator RF. Kurva memperlihatkan pola ripple dengan kecenderungan nilai S11 semakin negatif pada bagian frekuensi yang lebih tinggi. Tiga marker yang terbaca pada layar memberikan titik kuantitatif utama: M1 = 3,17722 GHz dengan S11 = −9,42 dB, M2 = 5,377165 GHz dengan S11 = −50,74 dB, dan M3 ≈ 7,4903 GHz dengan S11 = −30,73 dB. Ketiga titik ini digunakan sebagai dasar evaluasi kuantitatif karena data sweep numerik asli tidak tersedia.



Gambar 3. Tampilan layar VNA pada pengukuran parameter S11 terminator RF berbasis absorber sekam padi bakar pada rentang 2–7,5 GHz.

4.2 Estimasi Batas Bawah Frekuensi Kerja

Pada M1, S11 = −9,42 dB menghasilkan $|\Gamma| \approx 0{,}338$ dan VSWR ≈ 2,02. Nilai tersebut sangat dekat tetapi belum memenuhi batas VSWR ≤ 2. Kurva setelah marker tampak bergerak ke nilai S11 yang lebih negatif, sehingga titik crossing berada di atas frekuensi M1. Namun, karena tidak tersedia titik numerik kedua yang berdekatan, interpolasi kuantitatif tidak dapat dilakukan secara sah. Untuk menghindari

presisi semu, batas bawah kerja dilaporkan hanya sampai dua angka desimal, yaitu sekitar 3,18 GHz, berdasarkan pembacaan visual dokumentasi kurva.

Pelaporan sekitar 3,18 GHz lebih defensif daripada menyatakan 3,178 GHz sebagai hasil pengukuran langsung. Pengukuran ulang dengan penyimpanan file .s1p atau CSV akan memungkinkan penentuan titik crossing melalui interpolasi antar-sampel, evaluasi kontinuitas kriteria pada setiap titik sweep, dan estimasi ketidakpastian rentang kerja secara formal.

4.3 Kondisi Pencocokan Terbaik

Marker M2 menunjukkan S11 = −50,74 dB pada 5,377165 GHz. Nilai tersebut memberikan $|\Gamma| \approx 0{,}00290$ dan VSWR ≈ 1,006. Secara port-reflection, kondisi ini menunjukkan pencocokan impedansi yang sangat baik karena amplitudo gelombang yang kembali ke port sangat kecil. Secara nominal, fraksi daya yang direfleksikan berdasarkan $|\Gamma|^2 \times 100\%$ adalah sekitar 0,00084%. Namun, nilai ini tidak diinterpretasikan sebagai persentase absorpsi material secara langsung, sebab rugi konduktor, konektor, casing, dan kemungkinan mekanisme radiasi tidak diukur secara terpisah.

Nilai S11 yang sangat rendah sensitif terhadap kalibrasi, repeatability konektor, dan ketidakpastian sistem. Karena tidak tersedia data pengulangan numerik dan anggaran ketidakpastian, −50,74 dB diperlakukan sebagai nilai marker terbaik yang terdokumentasi, bukan batas metrologis kinerja. Studi turunan sekam padi menunjukkan refleksi rendah melalui pencocokan impedansi dan rugi elektromagnetik [7]–[14], tetapi nilai reflection loss material tersebut tidak dapat dibandingkan langsung dengan S11 perangkat lengkap pada penelitian ini.

4.4 Respons pada Batas Atas dan Rentang Kerja Teramati

Pada M3 sekitar 7,4903 GHz, S11 masih −30,73 dB, setara dengan VSWR ≈ 1,06. Nilai ini jauh di bawah batas −9,54 dB dan menunjukkan bahwa terminator masih berada pada kondisi refleksi rendah mendekati ujung kemampuan instrumen. Pada dokumentasi layar, kurva tetap berada di bawah batas penerimaan hingga 7,5 GHz, sehingga batas atas sebenarnya belum ditemukan dan dinyatakan sebagai $f_H \geq 7{,}5$ GHz. Karena data sweep digital tidak tersedia, kontinuitas ini didasarkan pada pembacaan visual kurva dan tidak dapat diverifikasi ulang titik demi titik.

$$\Delta f_{teramati} \geq 7{,}5 - 3{,}18 \approx 4{,}32 \text{ GHz} \quad (4.1)$$

Nilai ≥4,32 GHz dinyatakan sebagai span frekuensi kerja yang teramati dalam jendela pengukuran, bukan bandwidth absolut perangkat. Batas bawah berasal dari estimasi visual, sedangkan batas atas dibatasi instrumen. Formulasi ini mencegah kesan bahwa terminator berhenti bekerja tepat pada 7,5 GHz atau bahwa titik crossing bawah telah diketahui dengan presisi kilohertz. Ringkasan titik pengukuran dan parameter turunan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan titik pengukuran dan parameter turunan

Titik	Frekuensi (GHz)	S11 (dB)	VSWR	Interpretasi
M1	3,17722	−9,42	≈2,02	Dekat batas; belum memenuhi VSWR ≤ 2
Estimasi batas	≈3,18	≈−9,54	≈2,00	Estimasi visual; bukan interpolasi numerik
M2	5,377165	−50,74	≈1,006	Pencocokan terbaik terdokumentasi

Titik	Frekuensi (GHz)	S11 (dB)	VSWR	Interpretasi
M3	7,4903	−30,73	≈1,06	Masih sangat baik
Batas alat	7,5	<−9,54	<2	Kriteria masih terpenuhi

4.5 Konsistensi Respons terhadap Pemasangan Ulang

Sebagai skenario pemeriksaan tambahan, terminator yang telah diisi sekam padi bakar dilepas dari port VNA dan dipasang kembali beberapa kali tanpa mengubah konfigurasi perangkat. Berdasarkan pengamatan selama pengujian, respons S11 yang ditampilkan VNA tidak menunjukkan perubahan yang berarti secara visual setelah proses lepas–sambung. Temuan ini menunjukkan bahwa respons refleksi yang diperoleh tidak hanya muncul pada satu kondisi pemasangan konektor dan tetap konsisten secara kualitatif pada beberapa pemasangan ulang.

Hasil tersebut memperkuat interpretasi bahwa respons yang teramati merupakan karakteristik yang cukup stabil dari konfigurasi perangkat yang diuji. Namun, karena data sweep digital untuk setiap pemasangan ulang tidak disimpan, perbedaan antar-pengulangan tidak dapat dihitung secara statistik. Oleh sebab itu, pemeriksaan ini tidak dinyatakan sebagai repeatability kuantitatif. Kesimpulan mengenai konsistensi dibatasi pada pengamatan kualitatif, sedangkan pengujian lanjutan perlu menyimpan file S1P/CSV pada setiap pengulangan untuk menghitung variasi S11, simpangan baku, dan ketidakpastian akibat proses pemasangan konektor.

4.6 Hubungan dengan Karakteristik Material

Laporan laboratorium mencatat kadar karbon 48% pada sampel “Abu Sekam hitam”. Nilai ini digunakan sebagai karakteristik sampel tanpa ditafsirkan lebih lanjut sebagai fixed carbon atau karbon elemental. Literatur absorber biomassa menunjukkan bahwa rugi konduksi, polarisasi dipol/antarmuka, serta multiple scattering dapat berkontribusi terhadap atenuasi [4], [5]. Namun, permitivitas kompleks, konduktivitas, distribusi pori, dan komposisi fasa tidak diukur pada penelitian ini, sehingga kontribusi mekanisme tersebut tidak dapat dipisahkan secara kuantitatif.

Kadar air yang terukur sebesar 4,2% digunakan sebagai karakterisasi kondisi sampel pada saat pengujian laboratorium. Penelitian ini tidak memvariasikan kadar air dan tidak mengukur perubahan sifat dielektrik akibat kadar air. Oleh karena itu, nilai 4,2% hanya digunakan untuk mendeskripsikan sampel dan tidak ditafsirkan sebagai faktor penyebab langsung terhadap respons S11 yang diperoleh.

4.7 Perbandingan dengan Penelitian Terkini dan Kebaruan

Untuk memperjelas posisi penelitian dan aspek kebaruannya, perbandingan dengan beberapa studi sekam padi untuk absorpsi gelombang mikro dirangkum pada Tabel 3. Perbandingan difokuskan pada konfigurasi/material, proses dan metode pengujian, hasil utama, serta aspek pembeda terhadap penelitian ini.

Tabel 3. Perbandingan penelitian terkini dan aspek kebaruan penelitian

Referensi	Konfigurasi/material	Proses dan metode	Hasil utama	Aspek pembeda/kebaruan
Rahmat et al. [6]	Sekam padi dan sekam padi bakar	Pengukuran free-space, 2–4 GHz	Reflection loss dan permitivitas untuk simulasi CST	Karakterisasi material; bukan terminator satu-port berkonektor SMA
Wu et al. [7]	Karbon berpori hierarkis dari sekam padi	Aktivasi KOH dan karbonisasi terkontrol	RLmin −47,463 dB; EAB 3,402 GHz	Fokus pada optimasi material karbon berpori
Li et al. [9]	Karbon sekam padi + nanopartikel Co3Fe7	Pembentukan komposit magnetik	RLmin −68,106 dB; EAB ≈5 GHz	Menggunakan komposit magnetik untuk meningkatkan absorpsi
Yan et al. [10]	NiCo2 pada karbon berpori sekam padi	Komposit magnetik dan annealing	RLmin −55,62 dB; EAB 4,24 GHz	Material diproses dan dimodifikasi secara terkontrol
Yan et al. [12]	ZnO/NiCo/C berbasis karbon sekam padi	Atomic layer deposition dan komposit ternary	RLmin −52,5 dB; EAB 4,96 GHz	Fokus pada rekayasa permukaan dan komposit material
Zhang et al. [13]	Biokarbon sekam padi	Aktivasi garam cair; karbonisasi 750–850 °C	RLmin −64,4 dB pada 5,65 GHz; EAB 3,6 GHz	Menggunakan proses termal/kimia terkontrol
Penelitian ini	Sekam padi dibakar konvensional dan dimasukkan langsung ke terminator logam satu-port SMA	Tanpa aktivasi kimia, binder, atau material magnetik; pengukuran S11 dengan VNA pada 2–7,5 GHz	S11 minimum −50,74 dB pada 5,377165 GHz; rentang kerja teramati ≈3,18 hingga ≥7,5 GHz (span ≥4,32 GHz)	Kebaruan terletak pada penerapan langsung sekam padi bakar sederhana sebagai pengisi terminator RF satu-port dan karakterisasi respons perangkat, bukan pada klaim material absorber baru

Perbandingan pada Tabel 3 harus dibaca secara hati-hati karena reflection loss studi material umumnya diperoleh pada sampel dengan ketebalan dan fraksi pengisi tertentu, sedangkan S11 penelitian ini merupakan respons terminator lengkap. Nilai −50,74 dB pada 5,377 GHz menunjukkan pencocokan port yang sangat baik, tetapi tidak diperlakukan sebagai reflection loss intrinsik sekam padi bakar. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan langsung sekam padi bakar sederhana sebagai pengisi terminator satu-port SMA dan karakterisasi respons perangkat pada 2–7,5 GHz.

4.8 Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan penelitian meliputi proses pembakaran yang tidak dikontrol; massa dan densitas pengisian yang tidak direkam; data sweep digital tiap pengukuran yang tidak tersimpan; batas alat 7,5 GHz sehingga batas atas belum diketahui; belum diukurnya permitivitas kompleks dan parameter material lain; konsistensi pemasangan hanya dinilai kualitatif; pengaturan daya dan IF bandwidth VNA tidak terdokumentasi; serta belum tersedia pembanding terminator 50 Ω komersial. Keterbatasan ini menjadi agenda penelitian lanjutan.

5. KESIMPULAN

Terminator RF berbasis sekam padi bakar dibuat menggunakan casing besi hollow 50 mm × 30 mm × 30 mm, konektor SMA, dan serbuk sekam padi bakar sebagai pengisi langsung. Sampel memiliki kadar karbon 48% dan kadar air 4,2%. Dengan kriteria VSWR ≤ 2 atau S11 ≤ −9,54 dB, batas bawah kerja diperkirakan sekitar 3,18 GHz. Nilai S11 minimum terdokumentasi −50,74 dB pada 5,377165 GHz dengan VSWR ≈ 1,006, sedangkan pada 7,4903 GHz S11 masih −30,73 dB. Respons memenuhi kriteria hingga batas alat 7,5 GHz, sehingga span kerja teramati minimum sekitar 4,32 GHz.

Konfigurasi ini menawarkan bahan dan fabrikasi sederhana tanpa karbonisasi terkontrol, aktivasi kimia, binder, atau material magnetik tambahan. Pemeriksaan lepas–sambung menunjukkan respons yang konsisten secara kualitatif, tetapi repeatability belum dapat dihitung karena data sweep tiap pengulangan tidak tersimpan. Penelitian lanjutan perlu memperluas frekuensi di atas 7,5 GHz, menyimpan data S1P/CSV dan pengaturan instrumen, mengontrol proses pembakaran serta densitas pengisian, melakukan pengukuran berulang, mengukur parameter material, dan membandingkan kinerja dengan terminator 50 Ω komersial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai melalui Dana DIPA Politeknik Negeri Lhokseumawe. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Politeknik Negeri Lhokseumawe atas dukungan pendanaan dan fasilitas penelitian yang digunakan dalam fabrikasi, karakterisasi material, dan pengukuran RF.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Sarjana, S. Zefi, and C. Damayanti, “Implementasi Penguat Jaringan Point to Point Politeknik Negeri Sriwijaya ke Agrotekno Desa Gelebak Dalam,” Jurnal TELISKA, vol. 16, no. 3, pp. 38–44, 2023, doi: 10.5281/zenodo.8376692.

[2] N. Anugraha, F. Ramadani, N. R. Putri, R. Angriawan, A. M. Abdul Kadir Parewe, Asrul, and A. M. Yusuf, “Perancangan dan Analisis Jaringan 4G LTE pada Kota Malang Menggunakan Software Atoll,” Jurnal TELISKA, vol. 19, no. 2, pp. 39–47, 2026, doi: 10.36257/teliska.v19i2.12376.

[3] D. M. Pozar, Microwave Engineering, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2012.

[4] X. Ren, M. Zhen, F. Meng, X. Meng, and M. Zhu, “*Progress, Challenges and Prospects of Biomass-Derived Lightweight Carbon-Based Microwave-Absorbing Materials*,” Nanomaterials, vol. 15, no. 7, Art. no. 553, 2025, doi: 10.3390/nano15070553.

[5] M. A. Aslam, R. Ahsen, Z. R. Usha, O. Iqbal, S. Ali, N. Li, and Z. Wang, “*Dimensionality-driven sustainable biocarbon-based microwave absorbers: From bio-waste to functional materials*,” Next Materials, vol. 8, Art. no. 100584, 2025, doi: 10.1016/j.nxmate.2025.100584.

[6] M. B. Rahmat, A. Z. Arfianto, E. Setijadi, and A. Mauludiyanto, “*Test of microwave absorber of rice husk and burned rice husk,” in Proc. 2017 Int. Conf. Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation* (ICAMIMIA), pp. 331–333, 2018, doi: 10.1109/ICAMIMIA.2017.8387612.

[7] Z. Wu, Z. Meng, C. Yao, Y. Deng, G. Zhang, and Y. Wang, “*Rice husk derived hierarchical porous carbon with lightweight and efficient microwave absorption*,” Materials Chemistry and Physics, vol. 275, Art. no. 125246, 2022, doi: 10.1016/j.matchemphys.2021.125246.

[8] Z. Wu, X. Guo, Z. Meng, C. Yao, Y. Deng, H. Zhou, and Y. Wang, "*Nickel/porous carbon derived from rice husk with high microwave absorption performance*," Journal of Alloys and Compounds, vol. 925, Art. no. 166732, 2022, doi: 10.1016/j.jallcom.2022.166732.

[9] Z. Li, H. Lin, S. Wu, X. Su, T. Wang, W. Zhao, Y. Jiang, H. Ling, A. Meng, and M. Zhang, "*Rice husk derived porous carbon embedded with Co3Fe7 nanoparticles towards microwave absorption*," Composites Science and Technology, vol. 229, Art. no. 109673, 2022, doi: 10.1016/j.compscitech.2022.109673.

[10] L. Yan, J. Xiang, Y. Li, H. Zhang, S. Tong, Y. Zhang, and K. Zhang, "*Facile synthesis of NiCo2 nanoparticles grown on rice husk waste-derived porous carbon for high-efficiency microwave absorption," Journal of Materials Research and Technology*, vol. 24, pp. 9780–9792, 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.05.177.

[11] C. Yao, Z. Wu, X. Guo, J. Liu, W. Zhang, W. Huang, and H. Zhou, "*In-situ construction of Cu7.2S4 microsphere embedded into biomass-derived porous carbon for electromagnetic wave absorption," Materials Today Sustainability*, vol. 23, Art. no. 100421, 2023, doi: 10.1016/j.mtsust.2023.100421.

[12] L. Yan, Y. Li, S. Tong, K. Zhang, and J. Xiang, "*Controllable surface functionalization of rice husk-derived porous carbon by atomic layer deposition for highly-efficient microwave absorption*," Vacuum, vol. 224, Art. no. 113199, 2024, doi: 10.1016/j.vacuum.2024.113199.

[13] Y. Zhang, B. Li, C. Li, J. Zhao, and D. Liu, "*Molten Salt Preparation of Rice Husk Biocarbon for Lightweight and Efficient Microwave Absorption," Advanced Sustainable Systems*, vol. 9, no. 10, Art. no. e00736, 2025, doi: 10.1002/adsu.202500736.

[14] X. Shu, B. Fang, W. Wu, Y. Song, and Z. Zhao, "*Acicular or octahedral Fe3O4/rice husk-based activated carbon composites through graphitization synthesis as superior electromagnetic wave absorbers," Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 151, Art. no. 106635, 2021, doi: 10.1016/j.compositesa.2021.106635.