

## **SMART PYROLYSIS PEMBUATAN ASAP CAIR DARI SEKAM PADI DAN APLIKASINYA SEBAGAI INSEKTISIDA**

*(Smart Pyrolysis: Production of Liquid Smoke from Rice Husk and Application as an Insecticide)*

**Muhammad Rezky Mahmud<sup>1\*)</sup>, Fajriyati Mas'ud<sup>2)</sup>, dan Vilia Darma Paramita<sup>3)</sup>**

<sup>1\*-3)</sup>Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>\*)</sup>email korespondensi: [rezkymahmud17@gmail.com](mailto:rezkymahmud17@gmail.com)

### **ABSTRACT**

Indonesia, as an agrarian country where most of its population works as farmers, generates agricultural waste, one of which is rice husk. This waste can be processed into high-value products like liquid smoke through pyrolysis, a method of heating organic materials without oxygen to produce compounds such as phenols and organic acids, which serve as antioxidants, antimicrobials, and potential biopesticides. By utilizing Internet of Things (IoT) technology, the pyrolysis process can be optimized with Android-based automatic temperature control, enabling real-time and safe monitoring of production. This study aims to assess the quality of liquid smoke produced using the Smart Pyrolysis device, in accordance with SNI No. 8985:2021, and evaluate its effectiveness as an insecticide compared to commercial insecticides. Liquid smoke was produced using an IoT-integrated pyrolysis tool, and the product was tested for total phenol content using GC-MS, acetic acid levels, density, pH, and colour based on SNI standards. The commercial insecticide Curacron by Syngenta was used as a comparative variable, and the effectiveness of both liquid smoke and Curacron was tested on flies. The study results show that the Smart Pyrolysis device produced liquid smoke as the main product, with a liquid smoke yield of 10.16%. While the product met colour standards, excessive polymerization led to darker liquid smoke, containing harmful compounds like PAHs and tar. The liquid smoke had a density of 1.02 g/ml, meeting grade 2 standards, and a pH of 5.5 due to high water content. GC-MS analysis revealed 38.65% phenol, 36.34% esters, and 15.24% amines, indicating its potential as an insecticide due to its antimicrobial and toxic properties. Fly testing showed 70% mortality and 20% paralysis within an hour, with repellent effects in the first 5 minutes. Although not fully meeting SNI standards, liquid smoke shows promise as a bioinsecticide.

**Keywords:** Insecticide, Liquid Smoke, Rice Husk, Smart Pyrolysis.

### **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara agraris yakni negara yang sebagian penduduknya berprofesi sebagai petani. Hasil samping dari penggilingan padi menghasilkan 50 ton dedak dan 50 ton sekam. Dedak biasanya dijual untuk pakan ternak sementara limbah sekam padi hanya menumpuk begitu saja. Padahal, sekam padi dapat menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis melalui *pyrolysis system* dengan memanfaatkan asap cair (*liquid smoke*) yang terbentuk dari proses pirolisis limbah sekam padi.

Proses pirolisis adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah sekam padi menjadi produk bernilai tambah seperti asap cair. Pirolisis adalah proses pemanasan bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen (atau oksigen sangat terbatas) yang menyebabkan dekomposisi termal dari bahan tersebut dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas (Nasrun et al., 2017).

Asap cair terbentuk dari hasil pirolisis pada suhu 150-300°C dimana pada suhu ini terjadi dekomposisi senyawa yang

mengandung fenol dan asam organik yang berperan sebagai antioksidan dan antimikroba serta mengandung senyawa lainnya yakni aldehyd, keton, asam organik, alkohol, dan ester (Prasetyo et al., 2021). Asap cair banyak pemanfaatannya antara lain bila disemprotkan pada daun, pertumbuhannya akan lebih sehat, dapat mereduksi sejumlah serangga dan parasit, dicampurkan pada tanaman maka pertumbuhannya akan lebih baik, sehingga menjadikan asap cair atau *liquid smoke* merupakan produk yang memiliki masa depan cerah untuk dikembangkan (Asfar et al., 2021). Sekam padi sangat potensial sebagai bahan pembuatan asap cair sebab memiliki ketahanan tinggi terhadap penetrasi cairan dan dekomposisi oleh jamur maupun cendawan, menghambat pertumbuhan bakteri *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman termasuk mencegah penyakit bulai pada tanaman jagung berpotensi sebagai biopestisida (Choiriyah et al., 2021).

Dalam era revolusi industri 4.0, teknologi *Internet of Things* (IoT) telah menjadi salah satu pilar utama dalam transformasi berbagai sektor industri, termasuk dalam pengelolaan energi dan lingkungan. Salah satu aplikasi potensial IoT adalah pada alat pyrolysis. Integrasi teknologi IoT yang diterapkan pada proses pengolahan (produksi) limbah sekam padi menjadi biopestisida cair berfokus pada pengontrolan produksi. Aplikasi pintar ini berbasis *Android* sehingga mitra mampu mengontrol proses produksi dengan lebih mudah. Kemudahan lainnya yang diterapkan adalah pada alat pirolisis akan dipasang indikator temperatur (suhu) sebagai bentuk kontrol untuk keamanan produksi yang dapat dimonitor pula secara *online*. Hal ini juga mampu meminimalisir pengguna menghirup asap yang lolos dari tungku reaktor (*zero accident*).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat alat pyrolysis limbah sekam padi untuk menghasilkan asap cair dengan kualitas terbaik. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada upaya pengelolaan limbah sekam padi secara lebih efisien menjadi produk yang bermanfaat.

## Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan asap cair dari sekam padi menggunakan alat pirolisis yang terintegrasi dengan sistem IoT. Secara khusus penelitian ini bertujuan:

1. Mengetahui metode pembuatan asap cair dari sekam padi menggunakan alat *Smart Pyrolysis*.
2. Mengetahui kualitas produk asap cair yang dihasilkan sesuai dengan SNI No.8985:2021.
3. Mengetahui efektifitas produk asap cair yang dihasilkan jika dibandingkan dengan insektisida komersial.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu alat *Smart Pyrolysis*, timbangan analitik, pipet ukur, pipet volume, gelas piala, gelas ukur, pipet tetes, buret, erlenmeyer, tabung reaksi, cawan petri, buret, oven, corong, pH Indikator, piknometer, klem dan statif serta wadah Uji.

### Bahan

Bahan baku utama yang digunakan adalah sekam padi yang dapat ditemukan di temukan di tempat penggilingan beras kelompok tani Pao Kalikie. Adapun bahan lainnya yakni NaOH 0,1 N, Indikator fenoltalein (PP), Insektisida komersial (Curacon) serta serangga (lalat)

### Prosedur Penelitian

#### 1. Preparasi Sekam Padi

Sekam padi dibersihkan dari kotoran. Sekam padi yang masih basah dikeringkan dibawah sinar matahari.

#### 2. Proses Pengukuran Kadar Air Sampel

Dimasukan sekam padi sebanyak 5 gram ke dalam cawan petri. Kemudian dimasukkan dioven dengan suhu 105°C selama 1 jam. Sampel tersebut dimasukkan ke desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang beratnya. Pemanasan dan penimbangan dilakukan hingga didapat bobot konstan (Maulina & Putri, 2017).

### 3. Pembuatan Alat Smart Pyrolysis

Proses pembuatan alat Smart Pyrolysis dimulai dengan melakukan perancangan desain alat. Desain dan Gambar alat yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Alat Smart Pyrolysis

Alat *Smart Pyrolysis* terdiri dari tangki reaktor, blower, pipa blower, regulator, pemantik api,udukan reaktor, pipa keluaran api, sensor termocuple untuk reaktor, pipa keluaran asap, pipa keluaran tar, kondensor, sensor termocuple untuk kondensor, pipa keluaran produk cair, tempat masuk sekam padi, tempat pengambilan arang, tempat penampungan air pendingin, pompa air, selang dan tempat penampungan produk asap cair.

### 4. Proses produksi Asap Cair

Dimasukkan sekam padi sebanyak 10 kg ke dalam alat *Smart Pyrolysis*. Dinyalakan alat *Smart Pyrolysis* dengan pembakaran suhu reaktor 150°C - 300°C selama 30 menit dan didiamkan selama 12 jam untuk menampung asap cair (Prasetyo et al., 2021). Hasil asap cair ditampung pada tempat penyimpanan kemudian dihitung rendemen asap cair yang diperoleh dengan rumus :

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Berat Asap Cair (g)}}{\text{Berat Sekam Padi Awal (g)}} \times 100$$

Hasil asap cair kemudian dianalisis kandungan senyawa fenol menggunakan GC-MS.

### 5. Analisis Kualitas Asap Cair

Asap cair yang telah diperoleh kemudian dilakukan uji kualitas sesuai SNI No.8985:2021 yang meliputi uji warna, uji berat jenis, uji pH dan uji asam asetat.

### 6. Uji Aktivitas Produk (Dwi Anugraheni & Asngad, 2018)

Disiapkan wadah uji berupa kotak plastik berpenutup yang cukup besar untuk menampung serangga (lalat). Pastikan wadah memiliki penutup yang rapat untuk mencegah serangga keluar selama pengujian. Kemudian dimasukkan 10 serangga ke dalam wadah pengujian. Lalu diberi lubang kecil pada wadah uji untuk memasok oksigen dan tempat

masuknya asap cair. Setelah itu, disemprotkan asap cair ke kapas lalu kapas dimasukkan dalam wadah uji. Dilakukan pengamatan setiap 5 menit, dan dicatat jumlah serangga yang terpengaruh oleh asap cair hingga 1 jam. Sebagai kontrol, dilakukan uji yang sama dengan wadah yang diberi produk insektisida cair komersial (Curacron) untuk melihat perbedaan efektivitas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Metode Pembuatan Asap Cair dari Sekam Padi Menggunakan Alat *Smart Pyrolysis*

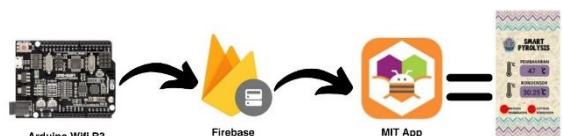
Alat *Smart Pyrolysis* dimulai dengan melakukan perancangan desain alat. Lalu melakukan proses pembuatan alat. Alat smart pyrolysis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat Smart Pyrolysis

Alat ini terintegrasi teknologi *Internet of Things (IoT)* yang diterapkan pada proses pengolahan (produksi) limbah sekam padi menjadi asap cair yang memfokuskan pada pengontrolan produksi. Aplikasi pintar ini berbasis *android* sehingga pengguna mampu mengontrol proses produksi dengan lebih mudah. Kemudahan lainnya yang diterapkan adalah pada alat pirolisis akan dipasang indikator temperatur (suhu) sebagai bentuk kontrol untuk keamanan produksi yang dapat dimonitor pula secara *online*. Hal ini juga mampu meminimalisir pengguna menghirup asap yang lolos dari tungku reaktor (*zero accident*).

Aplikasi pintar yang akan diterapkan dengan *konsep rice husk Smart Pyrolysis* terintegrasi IoT yakni menerapkan jadwal *On* dan *Off* produksi asap cair (*liquid smoke*)



Gambar 3. Alur Proses IoT Smart Pyrolysis

sebagai biopestisida yang dapat diatur melalui hp atau ponsel pengguna. Begitupula, instalasi listrik untuk penerangan akan dirancang pula dengan aplikasi pintar yang dapat dikontrol secara penuh melalui daring berbasis *android* yang dikontrol menggunakan arduino. Alur Proses IoT *Smart Pyrolysis* hingga menjadi *display* dapat dilihat pada Gambar 3.

Setelah alat berhasil untuk dibuat, selanjutnya dilakukan preparasi bahan terlebih dahulu dengan cara memisahkan dengan kotoran maupun krikil yang dapat mempengaruhi kualitas dari produk. Setelah itu dilakukan pengeringan bahan dibawah sinar matahari selama kurang lebih sehari agar kadar air dari sampel berkurang dikarenakan Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan rendemen asap cair menurun (Novita et al., 2021). Kadar air bahan baku sekam padi yang diperoleh sebesar 9,68% dimana hasil ini sejalan dengan hasil yang didapatkan oleh Salsabila (2023). Setelah itu sekam padi dimasukkan ke dalam alat *Smart Pyrolysis* dengan mengatur control pada suhu 150<sup>0</sup>C - 300<sup>0</sup>C dengan lama pembakaran selama 30 menit dan menunggu selama kurang lebih 12 jam untuk mendapatkan asap cair. Alat *Smart Pyrolysis* menghasilkan 2 produk, dimana asap cair menjadi produk utama dan arang sebagai produk sekunder. Adapun % rendemen asap cair yang diperoleh ialah sebesar 10,16%.

## 2. Kualitas Produk yang dihasilkan Berdasarkan SNI No.8985:2021

Parameter pengujian produk asap cair dilandaskan pada SNI 8985:2021. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Parameter Asap Cair Berdasarkan SNI8985:2021

Parameter	Asap Cair	Mutu 1	Mutu 2
Warna	Coklat ke hitaman	Kuning ke cokelat	Kuning ke cokelat
Berat Jenis	1,01 g/ml	1,005 – 1,05	1,005 – 1,05
pH	5,5	1,5 – 2,75	2,76 – 4,5
Asam Asetat Total	3,8%	8 – 15%	1,1 – 7,99
Fenol	38,65%	Maks. 2%	Maks. 2%

Adapun hasil pengujiannya diperoleh warna dan aroma sesuai dengan standar yang telah ditetapkan meskipun warna yang sedikit lebih hitam dibandingkan grade 2 pada SNI No.8985:2021. Menurut Handayani & Sa'diyah (2022) hal ini karena polimerisasi yang berlebihan mengakibatkan warna gelap. Dalam asap cair, senyawa seperti fenol, aldehida, dan asam organik dapat bereaksi satu sama lain melalui proses polimerisasi membentuk polimer yang lebih kompleks dan berwarna gelap. Warna hitam menunjukkan bahwa dalam asap cair terkandung senyawa berbahaya seperti polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) dan tar sehingga belum aman untuk diaplikasikan pada produk pangan.

Berat jenis asap cair dari sekam padi sebesar 1,02 g/ml dimana nilai ini termasuk dalam grade 2 pada SNI No.8985:2021. pH yang diperoleh yakni pH 5,5 dimana nilai ini dibawah dari grade 2 pada SNI No.8985:2021 hal ini dikarenakan kandungan air yang terdapat dalam produk sangatlah banyak yang dapat meningkatkan pH larutan menjadi netral. Kadar air produk asap cair sebesar 97,2% air yang terbentuk merupakan hasil dari reaksi pembakaran senyawa organik dan juga air yang terdapat dalam sekam padi. Selain itu nilai asam asetat yang diperoleh dari asap cair sebesar 3,8% dimana nilai ini termasuk dalam grade 2 pada SNI No.8985:2021. Nilai ini menyebabkan pula pH yang dimiliki tidak terlalu asam. Hasil dari GCMS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil GCMS Asap Cair

No	Ret Ti me	Are a%	Name	Golongan
1	4,019	0,03	2-Propen-1-ol, 3,3-difluoro-, acetate	Ester
2	4,092	0,06	2-Propen-1-ol, 3,3-difluoro-, acetate	Ester
3	4,15	0,03	2-Propen-1-ol, 3,3-difluoro-, acetate	Ester
4	4,249	0,34	SILANAMINE, N-PHENYL-	Amina

5	4,6 67	14,9	Methanamine, N-hydroxy-N- methyl-	Amina	2 7	9,6 85	0,48	Phenol, 4- methyl-	Phenol
6	4,7 46	2,93	PROPANOIC ACID	Asam Karboksil at	2 8	10, 04	0,16	2-Cyclopenten- 1-one, 3-ethyl-2- hydroxy-	Keton Siklis
7	4,7 99	1,06	1-Hydroxy-2- butanone	Keton	2 9	10, 77	0,08	Phenol, 2,4- dimethyl-	Phenol
8	4,9 07	0,68	Butane, 1-(2- chloroethoxy)-	eter	3 0	11, 11	0,56	1-HYDROXY-2- METHOXY-4- METHYLBENZ ENE	Phenol
9	5,0 41	0,3	Butanoic acid (CAS)	Asam Karboksil at	3 1	11, 67	0,23	1,4:3,6- Dianhydro- .alpha.-d- glucopyranose	Karbohidr at (Monosak arida)
1 0	5,1 08	0,26	2-Propenamide, N- (hydroxymethyl) -	amida	3 2	12, 39	0,17	Phenol, 4-ethyl- 2-methoxy-	Phenol
1 1	5,2 93	1,49	Hexane, 1,6- dimethoxy-	eter	3 3	13, 50	2,28	Phenol, 2,6- dimethoxy-	Phenol
1 2	5,4 25	0,43	1,3- DIMETHYLPY RAZOLE	Pirazol (Heterosik lik)	3 4	14, 84	0,53	3,5-Dimethoxy- 4- hydroxytoluene	Phenol
1 3	5,7 83	0,01	Butanoic acid, 4- hydroxy-	Asam Karboksil at	3 5	15, 82	0,25	Benzene, 1,2,3- trimethoxy-5- methyl-	eter
1 4	5,8 92	0,03	Butanoic acid, 4- hydroxy-	Asam Karboksil at	3 6	22, 03	0,52	n-Hexadecanoic acid HEXADECANO IC ACID,	Asam Lemak Ester
1 5	6,4 77	1,54	PHENOL	Phenol	3 7	22, 42	0,3	ETHYL ESTER OCTADEC-9- ENOIC ACID	Asam Lemak
1 6	6,6 06	6,5	Phenol	Phenol	3 8	26, 17	0,8	n-Propyl 9,12- octadecadienoate	Asam Lemak
1 7	6,7 47	5,61	Phenol (CAS)	Phenol	3 9	26, 38	0,18	(E)-9- Octadecenoic acid ethyl ester	Ester Asam Lemak
1 8	6,8 52	6,69	Phenol	Phenol	4 0	26, 53	0,76	ETHYL 9- OCTADECENO ATE	Ester Asam Lemak
1 9	6,9 9	9,33	Phenol (CAS)	Phenol	4 1	26, 68	0,07	Octadecanoic acid, ethyl ester	Ester Asam Lemak
2 0	7,3 03	2,25	Phenol	Phenol	4 2	27, 13	0,06	Docosanoic acid, ethyl ester	Ester Asam Lemak
2 1	7,5 93	0,52	PHENOL	Phenol	4 3	27, 84	0,03		
2 2	7,8 33	34,8 2	Carbamic acid, phenyl ester 2- CYCLOPENTE N-1-ONE, 2- HYDROXY-3- METHYL-	Ester Karbamat	4 3	34, 84	0,03		
2 3	8,5 44	0,6	Phenol, 2- methoxy- (CAS)	Keton Siklis					
2 4	8,8 25	0,02	Phenol, 2- methyl-	Phenol					
2 5	9,0 01	0,06	Phenol, 2- methoxy-	Phenol					
2 6	9,3 74	2,03	Phenol, 2- methoxy-	Phenol					

Total fenol yang diperoleh asap cair 38,65% dimana nilai ini diatas ambang batas maksimal pada SNI No.8985:2021. Namun hal ini tentu saja dapat diatasi dengan melakukan pelarutan menggunakan aquades sampai tercapai kadar fenol pada mutu yang telah ditentukan tersebut. Dengan kata lain, hasil yang didapatkan ini merupakan hasil yang

cukup baik dan pekat, sehingga dengan adanya pelarutan kembali tentu juga akan menambah rendemen yang dimiliki.

Berdasarkan data tersebut kualitas produk asap cair yang diperoleh belum memenuhi SNI No.8985:2021, kualitas asap cair yang dihasilkan dari sekam padi hanya pada kadar asam dan berat jenis saja yang memenuhi standar kualitas. Asap cair yang dihasilkan masih pada rentang *grade 3* karena masih bercampur dengan tar sehingga mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan (Amrullah & Oktaviananda, 2023).

### 3. Efektifitas Produk yang Dihasilkan Dibandingkan Produk Komersial

Hasil dari GCMS menunjukkan bahwa asap cair mengandung 38,65% senyawa phenol, 36,34% ester, dan 15,24% amina serta senyawa senyawa lainnya seperti asam karboksilat, eter dan keton yang berpotensi sangat baik sebagai insektisida cair dikarenakan kandungan fenol dan keton dikenal memiliki sifat antimikroba dan toksik bagi serangga. Ini membuat asap cair efektif dalam membunuh atau mengusir serangga. Selain itu Senyawa seperti ester dan fenol juga dapat berfungsi sebagai repelan, menjaga area dari infestasi serangga tanpa harus membunuh mereka secara langsung. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji produk terhadap spesimen serangga dalam hal ini menggunakan alat sebagai sampel uji. Data mortalitas serangga terhadap sampel uji dapat dilihat pada Tabel 3. Alat digunakan karena memiliki organ kemoreseptor yang sangat sensitif pada antena mereka, yang memungkinkan mereka untuk mendeteksi aroma dengan sangat baik (Indraswari, 2021).

Tabel 3. Mortalitas Serangga Terhadap Sampel Uji

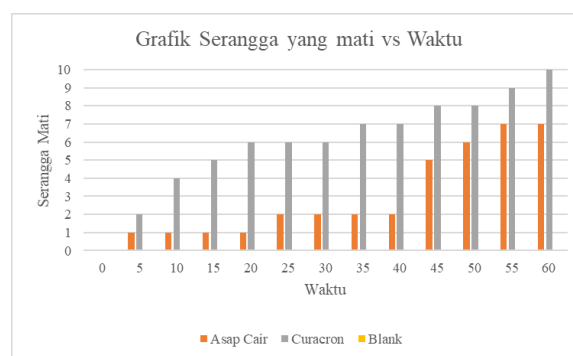
Keterangan	Asap Cair	Curacron
Jumlah lalat awal	10 ekor	10 ekor
Jumlah lalat mati setelah 60 menit	7 ekor	10 ekor
% Mortalitas	70%	100%

Diperoleh hasil sebanyak 70% serangga mati dan 20% lumpuh pada waktu 1 Jam. Selain itu pada saat 5 menit awal pengamatan terdapat serangga yang menjauh pada kapas yang diberi asap cair. Hal itu menandakan

bahwa asap cair lebih efektif untuk mengusir serangga dibandingkan untuk membunuh serangga.

Pada produk Curacron yang berperan sebagai senyawa aktif ialah profenofos (ISO) dan naphthalene dimana senyawa ini menjadi insektisida dalam produk Curacron. Produk Curacron diperoleh hasil 100% serangga mati dalam waktu 1 jam. Hal itu dikarenakan senyawa yang digunakan oleh produk Curacron sangat *toxic* kepada serangga dibandingkan dengan kandungan senyawa yang terkandung dalam produk asap cair.

Oleh karena itu, dapat dikatakan asap cair cukup efektif digunakan untuk dijadikan bioinsektisida cair dikarenakan kandungan potensial yang terkandung di dalamnya. Grafik mortalitas serangga terhadap pemberian sampel selama 1 jam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mortalitas Serangga Terhadap Pemberian Sampel Selama 1 jam

### KESIMPULAN

Setelah melaksanakan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode pembuatan asap cair dari sekam padi menggunakan alat *Smart Pyrolysis* ialah pembuatan desain alat, pembuatan alat, preparasi bahan baku, dan proses pirolisis menggunakan alat *Smart Pyrolysis*.
2. Kualitas produk asap cair yang dihasilkan termasuk ke dalam *grade 3* sesuai SNI No.8985:2021.
3. Produk asap cair yang dihasilkan cukup efektif sebagai bioinsektisida cair jika dibandingkan dengan insektisida komersial.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan pendanaan pada pelaksanaan penelitian ini, Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Kelompok Tani Pao Kalikie Desa Maggenrang Kecamatan Kahu Kabupaten Bone.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, S., & Oktaviananda, C. (2023). Analisis Produk Asap Cair Berdasarkan Variasi Limbah Cangkang Kemiri dan Sekam Padi. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 8(1), 21–27.
- Asfar, A. M. I. A., Asfar, A. M. I. T., Thaha, S., Kurnia, A., Budianto, E., & Syaifullah, A. (2021). Bioinsektisida cair berbasis sekam padi melalui pemberdayaan kelompok tani Pada Elo'Desa Sanrego. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 5(6), 3366–3377.
- Choiriyah, N. A., A'yunin, N. A. Q., Pangastuti, H. A., & Prasetyo, Y. (2021). Mikroenkapsulasi Asap Cair Tempurung Kelapa Menggunakan Variasi Total Padatan Terlarut. *Jurnal Agramikultura*, 32(3), 284–289.
- Dwi Anugraheni, D., & Asngad, A. (2018). *Pengaruh Insektisida Nabati Ekstrak Tanaman Kemangi (Ocimum basilicum) dan Daun Sirih Terhadap Mortalitas Lalat Buah (Bactrocera sp.)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Handayani, I., & Sa'diyah, K. (2022). Pengaruh Waktu Pirolisis Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Hasil Asap Cair. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1), 28–35.
- Maulina, S., & Putri, F. S. (2017). Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air bahan baku terhadap pirolisis serbuk pelepah kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(2), 35–40.
- Nasrun, N., Kurniawan, E., & Sari, I. (2017). Pengolahan limbah kantong plastik jenis kresek menjadi bahan bakar menggunakan proses pirolisis. *Jurnal Energi Elektrik*, 4(1).
- Novita, S. A., Santosa, S., Nofialdi, N., Andasuryani, A., & Fudholi, A. (2021). Artikel Review: Parameter Operasional Pirolisis Biomassa. *Agroteknika*, 4(1), 53–67.
- Prasetyo, D. H. T., Wahyudi, D., & Maskur, O. (2021). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Sebagai Asap Cair. *INTEGRITAS: Jurnal Pengabdian*, 5(2), 351–359.
- Salsabila, A. (2023). *Sekam Padi Adalah: Pengertian, Kandungan, Cara Membuat dan Manfaatnya untuk Tanaman*. Lindungihutan.Com.  
<https://lindungihutan.com/blog/sekam-padi-pengertian-cara-membuat-manfaat/>