



Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Gedung BPPT II Lantai 19, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat
<https://simlitabmas.ristekdikti.go.id/>

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 2e643dd7-6f59-4611-b15b-1ffe6779a77a

laporan akhir Penelitian: tahun ke-1 dari 2 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

Studi Kemampuan Perekat Berbahan Dasar Bio-Tar dan Asam Sitrat Pada Papan Partikel

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Material Maju	-		Teknik Produksi (dan Atau Manufaktur)

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Kompetitif Nasional			SBK Riset Dasar	3	2

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama (Peran)	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
RAHMAT DONI WIDODO - Ketua Pengusul	Universitas Negeri Semarang	Teknik Mesin	Mengkoordinasi semua kegiatan penelitian yaitu persiapan usulan proposal, koordinasi awal penelitian, supervisi pelaksanaan belanja anggaran,	5985421	3

			ahli utama analisis data, penyusun draft artikel publikasi, dan penyusun utama laporan kegiatan penelitian.		
DEWI SELVIA FARDHYANTI - Anggota Pengusul	Universitas Negeri Semarang	Teknik Kimia	Ahli dalam bidang produksi bio-tar. Tugas supervisi kegiatan produksi bio-tar dengan proses pirolisis biomasa	6086143	8
KARNOWO - Anggota Pengusul	Universitas Negeri Semarang	Teknik Mesin	supervisi seting reaktor pirolisis	6096221	8
NIKEN SUBEKTI - Anggota Pengusul	Universitas Negeri Semarang	Biologi	Supervisi pengujian Papan Partikel.	257476	5
DANANG DWI SAPUTRO - Anggota Pengusul	Universitas Negeri Semarang	Teknik Mesin	supervisi pembuatan mesin press papan partikel	6699290	3

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Sedang direview	
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Submitted	
2	Paten Sederhana		

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
--------------	--------------	--	---

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Total RAB 2 Tahun Rp. 0

Tahun 1 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

Tahun 2 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

Tahun 3 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

6. KEMAJUAN PENELITIAN

A. RINGKASAN

Pada proses perekatan, pengaruh komposisi kimia bio-tar terhadap kekuatan ikatan antar partikel tidak signifikan. Perekatan partikel mengandalkan ikatan hidrogen yang lemah. Dengan alasan ini, kemampuan perekatan bio-tar tidak sekuat dari asam sitrat dengan ikatan kovalen kimianya. Penggunaan secara bersamaan kedua perekat pada pembuatan papan partikel perlu diketahui komposisi yang tepat. Pada komposisi tertentu kekuatan fisik papan partikel akan berkurang atau sebaliknya. Berdasar permasalahan tersebut tujuan penelitian ini adalah menemukan komposisi yang tepat antara bio-tar dan asam sitrat untuk mendapatkan perekat dengan kemampuan perekatan yang tinggi pada proses pembuatan papan partikel.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana diawali dengan melakukan pirolisis cangkang sawit untuk mendapatkan perekat tar dengan variasi temperatur pirolisis 400°C, 500°C dan 600°C. Selanjutnya ukuran partikel sebesar 60-80 mesh dengan parameter densifikasi pelet yaitu tekanan 150 MPa dan temperatur densifikasi 120°C. Menggunakan variasi perekat tar dan asam sitrat dengan persentase 3%, 6%, 9%, dan 12%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pelet perekat tar sangat baik pada karakteristik fisiknya, hal ini ditunjukkan dengan nilai ketahanan kompresi yang tertinggi adalah perekat asam sitrat 6% sebesar 430,51 N dan nilai densitas tertinggi sebesar 1,169 g/cm³. Pada presentasi tar dan asam sitrat lainnya, rasio tar atau asam sitrat menentukan secara signifikan ketahanan kompresi. Pada jumlah prosentasi tar tertentu ketahanan kompresi menurun, hal ini dikarenakan kekuatan bonding berkurang karena melemahnya

ikatan hidrogen antara partikel dengan tar yang terlalu banyak. Pada jumlah asam sitrat dengan prosentasi tertentu juga menyebabkan penurunan ketahanan kompresi yaitu diatas $>9\%$.

B. KATA KUNCI

Kemampuan Perekat, Bio-Tar, Asam Sitrat, Papan Parti

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

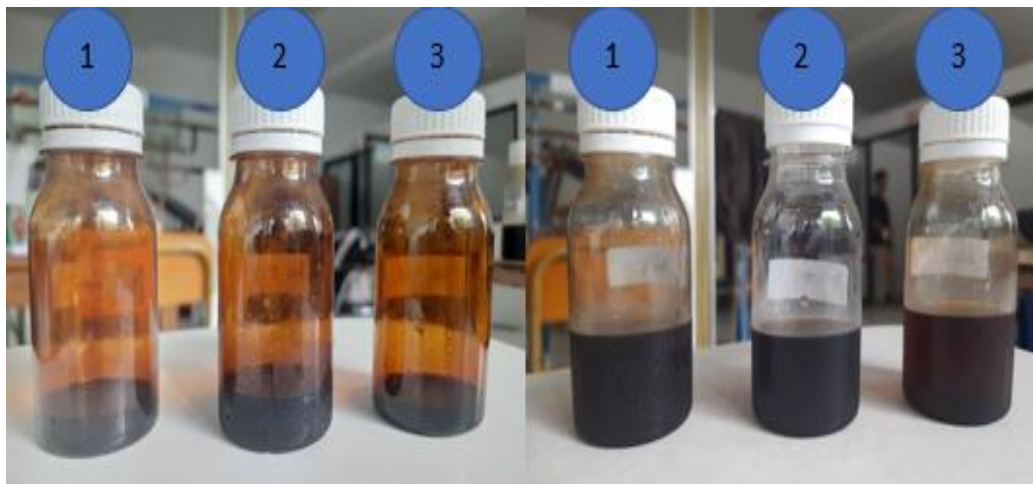
Kegiatan penelitian yang sudah dilaksanakan mengacu pada metode penelitian sesuai dengan proposal yang sudah diajukan. Ada beberapa tambahan untuk menyesuaikan masalah yang timbul selama kegiatan. Salah satu dari tambahan parameter yaitu penggunaan asam sirat untuk memodifikasi perekat tar. Berikut hasil-hasil penelitian yang sudah terlaksana:

1. Yield Produk Hasil Pirolisis

Produk utama dari pirolisis adalah arang (*bio-char*), *bio-oil*, dan gas yang tidak terkondesasi. Persentase antara berat hasil produk hasil pirolisis cangkang kelapa sawit menggunakan reaktor *fixed bed* dapat dilihat pada Tabel C.1.

Tabel C.1 Yield produk hasil pirolisis

Temperatur (°C)	Heating rate (°C/min)	Massa Biomasa (g)	Debit N2 (mL/min)	Komposisi hasil (%)			
				Arang	Tar	Hasil bening	Gas
400	10	100	600	36,96	8,3	25,1	29,64
500	10	100	600	32,44	8,8	30,2	28,56
600	10	100	600	30,76	6,7	27,7	34,84



Gambar C.1 Tar pirolisi - pirolisis nomer 1, 2, dan 3 yaitu temperatur 400°C, 500°C, 600°C (A) Tar (B) Hasil Bening

2. Komponen Kimia Tar dengan GC-MS

Identifikasi distribusi komponen kimia yang ada pada tar cangkang kelapa sawit dengan analisis instrumen menggunakan GC-MS. Analisis GC-MS dilakukan untuk 3 sampel tar yang dihasilkan sesuai dengan variasi temperatur pirolisis yang digunakan. Karakteristik GCMS tersaji pada Tabel C.2 sampai C.4.

Tabel C.2 Karakterisasi GCMS tar dengan temperatur 400°C

Peak#	R.Time	Area%	Komponen
1	13.539	1.27	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl- (CAS) Diacetone alcohol
2	15.717	7.39	Acetic acid (CAS) Ethylic acid

3	16.169	3.93	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural
4	20.938	0.81	2-Furanmethanol (CAS) Furfuryl alcohol
5	25.318	5.44	Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol
6	27.339	3.65	2-Methoxy-4-methylphenol
7	28.222	29.32	Phenol (CAS) Izal
8	28.222	2.55	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy- (CAS) p-Eth
9	29.805	1.25	Phenol, 4-methyl- (CAS) p-Cresol
10	29.949	0.72	Phenol, 2-methyl- (CAS) o-Cresol
11	31.948	0.79	Phenol, 4-ethenyl-2-methoxy-
12	33.174	3.91	Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol
13	33.474	0.69	Decanoic acid (CAS) Capric acid
14	34.691	3.24	4-Methoxy-3-(methoxymethyl)phenol
15	35.693	1.21	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl- (CAS) Toluene, 3,4,5-tri
16	37.130	0.75	Dodecanamide, N,N-bis(2-hydroxyethyl)-
17	40.893	1.26	Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)- (CAS) 4-Allyl-2,6-dimethoxyphenol
18	43.685	4.34	Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid
19	43.856	1.25	Benzoic acid, 4-hydroxy-, methyl ester (CAS) Methyl p-hydroxybenzoate
20	45.571	3.01	9-octadecensaeure, 12-hydroxy-, methylester, (z)-(ricinolsaeuremethylester)
21	46.691	1.69	octadecanoic acid (cas) stearic acid
22	47.098	21.51	octadec-9-enoic acid

Tabel C.3 Karakterisasi GCMS tar dengan temperatur 500°C

Peak#	R.Time	Area%	Komponen
1	13.530	1.47	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl- (CAS) Diacetone alcohol
2	15.742	6.49	Acetic acid (CAS) Ethylic acid
3	16.169	4.17	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural
4	20.939	0.87	2-Furanmethanol (CAS) Furfuryl alcohol
5	25.316	5.96	Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol
6	27.337	4.06	2-Methoxy-4-methylphenol
7	28.227	33.08	Phenol (CAS) Izal
8	28.820	2.93	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy- (CAS) p-Ethylguaiacol
9	29.805	1.34	Phenol, 4-methyl- (CAS) p-Cresol
10	29.949	1.04	Phenol, 4-ethenyl-2-methoxy-
11	31.948	4.49	Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol
12	33.174	3.70	4-Methoxy-3-(methoxymethyl)phenol
13	33.474	1.24	Ethanone, 1-(2,6-dihydroxy-4-methoxyphenyl)- (CAS) 2,6-Dihydroxy-4-methoxyacetophenone
14	34.691	0.99	Dodecanamide, N,N-bis(2-hydroxyethyl)-
15	35.693	1.02	1,2-Benzenediol (CAS) Pyrocatechol
16	37.130	1.46	Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)- (CAS) 4-Allyl-2,6-dimethoxyphenol
17	40.893	4.17	Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid
18	43.685	1.64	Benzoic acid, 4-hydroxy-, methyl ester (CAS) Methyl p-hydroxybenzoate

19	45.573	3.28	9-octadecensaeure, 12-hydroxy-, methylester, (z)- (ricinolsaeuremethylester)
20	46.683	1.45	Octadecanoic acid (CAS) Stearic acid
21	46.995	15.16	Octadec-9-enoic acid

Tabel C.4 Karakterisasi GCMS tar dengan temperatur 600°C

Peak#	R.Time	Area%	Komponen
1	13.538	0.91	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl- (CAS) Diacetone alcohol
2	15.731	6.65	Acetic acid (CAS) Ethylic acid
3	16.170	4.03	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural
4	20.941	0.84	2-Furanmethanol (CAS) Furfuryl alcohol
5	24.717	0.76	2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl- (CAS) Corylon
6	25.317	6.54	Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol
7	27.339	4.60	2-Methoxy-4-methylphenol
8	28.218	35.42	Phenol (CAS) Izal
9	28.821	3.42	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy- (CAS) p-Ethylguaiacol
10	29.802	1.69	Phenol, 4-methyl- (CAS) p-Cresol
11	29.946	0.79	Phenol, 4-methyl- (CAS) p-Cresol
12	31.948	1.08	Phenol, 4-ethenyl-2-methoxy-
13	33.176	5.24	Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol
14	34.694	4.28	Benzene, 1,2,3-trimethoxy- (CAS) 1,2,3- Trimethoxybenzene (CAS) Methylsyringol
15	35.694	1.55	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl- (CAS) Toluene, 3,4,5- trimethoxy-
16	37.133	1.87	Dodecanoic acid (CAS) Lauric acid
17	40.152	1.38	1,2-Benzenediol (CAS) Pyrocatechol
18	40.845	1.64	Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)- (CAS) 4-Allyl-2,6- dimethoxyphenol
19	43.687	2.63	Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid
20	43.855	1.76	Benzoic acid, 4-hydroxy-, methyl ester (CAS) Methyl p- hydroxybenzoate
21	45.573	1.63	9-Octadecensaeure, 12-hydroxy-, methylester, (z)- (ricinolsaeuremethylester)
22	47.082	11.27	Octadec-9-enoic acid

3. Sifat Fisiokimia Pelet

Karakteristik variasi pencampuran biomassa cangkang sawit dan perekat asam sitrat atau dengan tar dengan variasi temperatur yang berbeda, memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik variasi pelet akan diuji menggunakan uji proksimat dengan standar ASTM D7582-12 digunakan untuk mengetahui kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat yang selanjutnya dari hasil uji proksimat dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai kalor pelet. Ukuran diameter pelet seragam sebesar 15 mm.



Gambar C.3 Bentuk pelet yang sudah jadi

Tabel C.5 Data Uji Proksimat

No. Pelet	Massa awal(g)	MC(g)	VM(g)	AC(g)	MC(%)	VM(%)	AC(%)	FC(%)
Raw	0,941	0,88	0,218	0,084	6,482	70,351	8,927	14,24
Py400 3%	0,977	0,936	0,259	0,08	4,197	69,294	8,188	18,321
Py400 6%	0,967	0,922	0,257	0,071	4,654	68,769	7,342	19,235
Py400 9%	0,96	0,915	0,256	0,064	4,688	68,646	6,667	20
Py400 12%	0,944	0,899	0,253	0,049	4,767	68,432	5,191	21,61
Py400 15%	0,9	0,848	0,237	0,042	5,778	67,889	4,667	21,667
Py500 3%	0,978	0,934	0,259	0,055	4,499	69,018	5,624	20,859
Py500 6%	0,968	0,924	0,255	0,052	4,545	69,112	5,372	20,971
Py500 9%	0,965	0,921	0,255	0,048	4,560	69,016	4,974	21,451
Py500 12%	0,936	0,88	0,243	0,043	5,983	68,056	4,594	21,368
Py500 15%	0,901	0,845	0,235	0,041	6,215	67,703	4,550	21,532
Py600 3%	0,966	0,926	0,255	0,053	4,141	69,462	5,487	20,911
Py600 6%	0,964	0,923	0,254	0,05	4,253	69,398	5,187	21,162
Py600 9%	0,965	0,917	0,248	0,046	4,974	69,326	4,767	20,933
Py600 12%	0,96	0,909	0,242	0,041	5,313	69,479	4,271	20,938
Py 600 15%	0,9	0,843	0,233	0,037	6,333	67,778	4,111	21,778
CA 3%	0,965	0,912	0,239	0,032	5,492	69,741	3,316	21,451
CA 6%	0,989	0,938	0,242	0,036	5,157	70,374	3,64	20,829
CA 9%	0,982	0,931	0,239	0,039	5,193	70,468	3,971	20,367
CA 12%	0,984	0,934	0,239	0,044	5,081	70,63	4,472	19,817
CA 15%	0,9	0,855	0,218	0,056	5	70,778	6,222	18

4. Nilai Kalor

Nilai kalor didapatkan dari hasil perhitungan dari pengujian proksimat. Nilai kalor yang semakin tinggi menunjukkan kualitas bahan bakar yang semakin baik. Berdasarkan SNI 8021:2014 pelet harus memiliki nilai kalori lebih dari 4000 kal/gram. Berdasarkan data Tabel 6 nilai kalor pada penelitian ini sudah memenuhi standar.



Gambar C.4 Pengujian Proksimat

Tabel C.5 Nilai kalor

No. Pelet	Nilai HHV (MJ/kg)	Nilai HHV (Kkal/kg)
<i>Raw</i>	16,966	4052,512
Py-400 3%	18,082	4319,062
Py-400 6%	18,221	4352,11
Py-400 9%	18,502	4419,329
Py-400 12%	18,687	4463,514
Py-400 15%	19,119	4566,584
Py-500 3%	18,800	4490,541
Py-500 6%	18,864	4505,687
Py-500 9%	19,023	4543,734
Py-500 12%	19,072	4555,552
Py-500 15%	19,112	4565,070
Py-600 3%	18,829	4497,437
Py-600 6%	18,928	4520,990
Py-600 9%	18,953	4526,960
Py-600 12%	19,036	4546,937
Py-600 15%	19,232	4593,687
CA 3%	18,587	4439,546
CA 6%	18,176	4341,345
CA 9%	18,398	4394,481
CA 12%	18,408	4396,937
CA 15%	18,143	4333,596

5. Data Drop Test

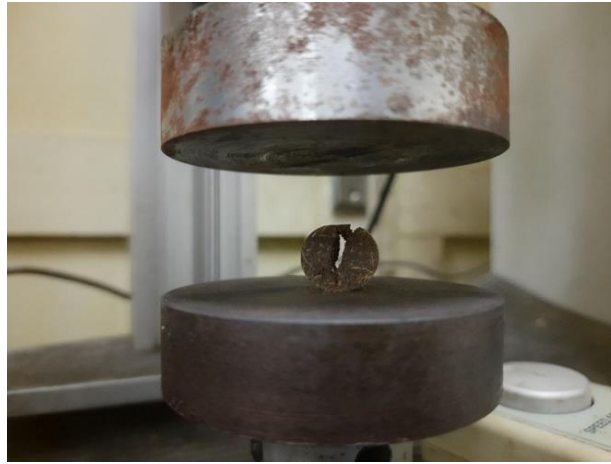
Data *drop test* dengan menampilkan persentase massa yang hilang setelah pelet dijatuhkan dari ketinggian 185 cm di atas plat besi dengan 3 kali dijatuhkan.

Tabel C.6 Data *Drop test*

No. Pelet	Uji 1 (%)	Uji 2 (%)	Uji 3 (%)	Rata-rata (%)
<i>Raw</i>	0,021	0,021	0,021	0,021
Py 400-3%	0,001	0,002	0,002	0,002
Py 400-6%	0,001	0,000	0,001	0,001
Py 400-9%	0,000	0,002	0,001	0,001
Py 400-12%	0,000	0,000	0,001	0,001
Py 400-15%	0,000	0,000	0,000	0,000
Py 500-3%	0,000	0,001	0,000	0,001
Py 500-6%	0,000	0,002	0,002	0,001
Py 500-9%	0,001	0,000	0,001	0,001
Py 500-12%	0,000	0,001	0,000	0,001
Py 500-15%	0,000	0,000	0,000	0,000
Py 600-3%	0,001	0,000	0,002	0,001
Py 600-6%	0,002	0,001	0,000	0,001
Py 600-9%	0,002	0,001	0,000	0,001
Py 600-12%	0,000	0,001	0,001	0,001
Py 600-15%	0,000	0,000	0,000	0,000
CA 3%	0,000	0,000	0,000	0,000
CA 6%	0,000	0,000	0,000	0,000
CA 9%	0,000	0,000	0,000	0,000
CA 12%	0,000	0,000	0,000	0,000
CA 15%	0,000	0,000	0,000	0,000

5. Data Uji Ketahanan Kompresi

Pengujian kompresi dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Data yang diperoleh dari uji kompresi tersaji pada Tabel C.8.



Gambar C.5 Sampel pelet yang diuji ketahanan kompresi

Tabel C.7 Hasil uji ketahanan kompresi

No. Pelet	Uji 1 (N)	Uji 2 (N)	Uji 3 (N)	Average	Sdtv
Py 400-3%	116,7	116,7	114,74	116,05	1,13
Py 400-6%	187,3	182,4	182,4	184,03	2,82
Py 400-9%	166,71	173,57	169,65	169,98	3,44
Py 400-12%	152,98	148,08	149,06	150,04	2,59
Py 400-15%	138,27	135,33	138,27	137,29	1,69
Py 500-3%	94,14	94,14	96,11	94,79	1,13
Py 500-6%	139,25	141,22	141,11	140,56	1,13
Py 500-9%	157,89	152,98	157,89	156,25	2,83
Py 500-12%	144,16	138,27	145,14	142,52	3,71
Py 500-15%	89,24	94,14	94,14	92,5	2,82
Py 600-3%	107,87	110,81	110,81	109,83	1,69
Py 600-6%	134,35	132,39	136,31	134,35	1,96
Py 600-9%	135,33	132,39	133,37	133,7	1,49
Py 600-12%	170,64	169,65	172,6	170,96	1,5
Py 600-15%	102,97	101,01	102,97	102,31	1,13
CA 3%	230,46	234,37	227,51	230,78	3,44
CA 6%	428,55	434,43	428,55	430,51	3,39
CA 9%	342,23	342,23	337,35	340,6	2,81
CA 12%	140,26	139,25	141,22	140,24	0,98
CA 15%	227,51	223,59	223,59	224,89	2,26

6. Data Density

Nilai densitas atau kerapatan pelet berdasarkan SNI 8021:2014 yaitu sebesar lebih dari 0,8 g/cm³. Data densitas yang sudah diuji tersaji pada Tabel C.9, yang sudah memenuhi standar.

Tabel C.8 Data density

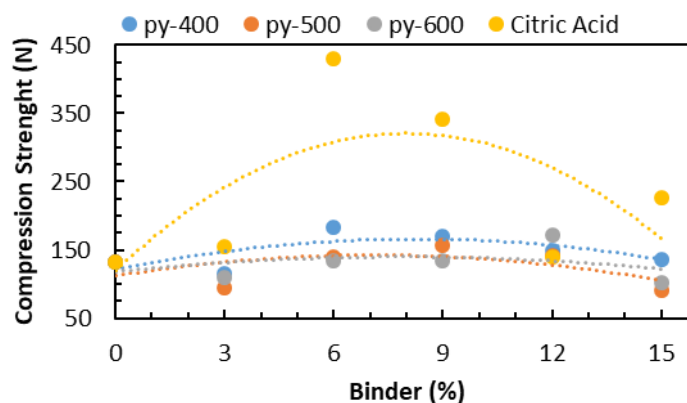
No. Pelet	Density (g/cm ³)	Density (g/cm ³)	Density (g/cm ³)	Average (g/cm ³)	Sdtv (%)
Raw	1,132	1,132	1,132	1,132	0,000
Py 400-3%	1,120	1,112	1,110	1,115	0,005
Py 400-6%	1,109	1,106	1,101	1,106	0,004
Py 400-9%	1,114	1,114	1,112	1,110	0,001

Py 400-12%	1,125	1,120	1,121	1,122	0,003
Py 400-15%	1,090	1,085	1,085	1,087	0,003
Py 500-3%	1,104	1,141	1,139	1,128	0,021
Py 500-6%	1,150	1,147	1,135	1,145	0,008
Py 500-9%	1,151	1,151	1,476	1,150	0,002
Py 500-12%	1,114	1,112	1,114	1,114	0,001
Py 500-15%	1,096	1,099	1,099	1,098	0,002
Py 600-3%	1,106	1,102	1,109	1,106	0,004
Py 600-6%	1,113	1,109	1,109	1,111	0,002
Py 600-9%	1,122	1,120	1,120	1,121	0,001
Py 600-12%	1,087	1,094	1,092	1,091	0,004
Py 600-15%	1,085	1,090	1,087	1,088	0,002
CA 3%	1,168	1,170	1,168	1,169	0,001
CA 6%	1,159	1,160	1,161	1,161	0,001
CA 9%	1,161	1,164	1,163	1,161	0,004
CA 12%	1,132	1,133	1,133	1,133	0,001
CA 15%	1,086	1,082	1,082	1,084	0,002

7. Pembahasan

Berdasar hasil uji proximat (Tabel C.5) digambarkan semakin besar persentase tar yang digunakan maka semakin besar pula kandungan karbon terikatnya. Karena semakin tinggi karbon terikat maka semakin tinggi pula nilai kalornya (Erwin Junary et al., 2015). Nilai karbon terikat terendah pada pelet Py-400 3% sebesar 18% dan nilai kalor sebesar 4319,062 Kkal/kg. Selanjutnya nilai karbon terikat tertinggi pada pelet Py-600 15% sebesar 21,778% dan nilai kalor sebesar 4593,687 Kkal/kg. Hal ini dikarenakan pirolisis pada suhu 600°C mengandung fenol dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga meningkatkan nilai kalor pelet.

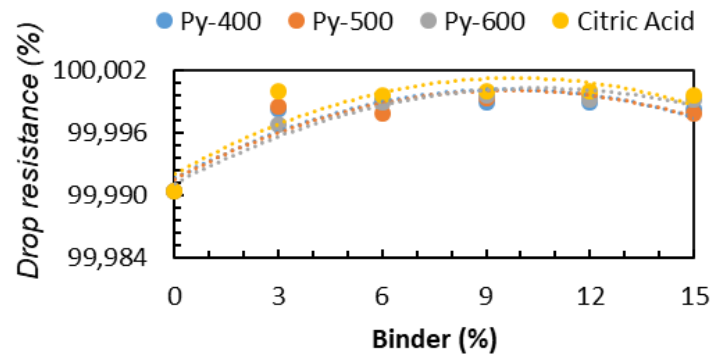
Penelitian ini menggunakan dua jenis perekat yaitu tar dan asam sitrat. Grafik (Gambar 3) menunjukkan bahwa perekat asam sitrat mempunyai pengaruh yang lebih baik terhadap ketahanan kompresi pelet dibandingkan perekat tar. Asam sitrat banyak digunakan sebagai perekat alami pembuatan papan partikel, namun belum ada penelitian yang menggunakan asam sitrat sebagai perekat pembuatan pelet. Variasi pelet dengan nilai ketahanan tekan paling baik adalah pelet asam sitrat 6% sebesar 430,510 N, sedangkan perekat dengan nilai ketahanan tekan paling buruk adalah perekat tar 500 dengan persentase sebesar 15% dengan nilai rata-rata sebesar 91,690 N. Cross-linking dan polikondensasi lignin terbentuk. karena degradasi termal dapat menghasilkan pelet dengan ketahanan mekanik yang baik (Manouchehrinejad & Mani, 2018)



Gambar C.6 Ketahan kompresi dari sampel pelet biomasa dengan variasi binder

Hasil uji jatuh yang dilakukan menunjukkan bahwa partikel yang hilang dari seluruh variasi pelet tidak lebih dari 1%, disesuaikan dengan standar ASTM D440-86, menunjukkan bahwa seluruh spesimen pelet yang dibuat telah memenuhi standar ASTM. digunakan. Variasi perekat tar dan asam sitrat keduanya memiliki ketahanan uji jatuh yang sangat baik. Hal ini sejalan dengan hasil uji ketahanan korosi dimana pelet perekat asam sitrat dengan perekat asam sitrat tidak ada partikel yang hilang sama sekali, hal ini dikarenakan asam sitrat telah banyak digunakan sebagai perekat alami papan partikel dengan ketahanan yang sangat tinggi. Hal ini sejalan dengan

penelitian Parasirianthes et al., (2022) yang menggunakan perekat alami asam sitrat untuk papan partikel yang memiliki ketahanan tinggi.



Gambar C.6 Uji Drop Test

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui BIMA.

Sesuai dengan target luaran yang dijanjikan di proposal yaitu publikasi di jurnal internasional bereputasi, pada laporan kemajuan ini dinyatakan bahwa luaran artikel sudah tersubmit ke **Jurnal Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences** Jurnal terindex Scopus dan masuk kategori Q3 (Scimago). Diharapkan pada akhir november dimana kegiatan penelitian selesai sudah berstatus Accepted. Luaran tambahan yang berupa draft paten masih dalam proses drafting. Berikut Indikator capaian kegiatan penelitian:

Tabel D.1 Indikator Capaian Luaran sementara

No	Kategori Luaran	Keterangan
1	Publikasi di Jurnal Internasional Bereputasi	Sudah tersubmit
2	Paten Sederhana	Proses drafting

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui BIMA.

Pada penelitian ini yaitu skema penelitian **Fundamental tidak diwajibkan ada Mitra Penelitian**. Mengacu pada panduan dan proposal penelitian tidak menyebutkan Mitra Penelitian

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kegiatan penelitian dilaksanakan secara bertahap. Ada beberapa tahapan kegiatan yang bisa dilaksanakan secara paralel. Namun ada beberapa yang tidak bisa dilakukan dengan cara tersebut, sehingga peneliti harus melakukan secara berurutan. **Kendala terletak pada mas pengujian sampel penelitian yang lama**. Proses pengujian sampel harus dilakukan diluar kampus peneliti melakukan kegiatan. Karena hal tersebut akan memperlambat target-target hasil kegiatan penelitian.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan

termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Setelah mengevaluasi hasil kegiatan penelitian, berdasarkan hasil-hasil awal yang diperoleh menunjukkan bahwa binder tar dengan asam sitrat dapat dipakai sebagai perekat dengan kemampuan perekatan yang tinggi. Penggunaan binder tersebut terbukti dapat menaikkan ketahanan fisik dari produk pellet secara signifikan. Menimbang dari hasil-hasil tersebut, tim peneliti akan mengaplikasikan jenis binder tersebut sebagai perekat/adhesive pada proses pembuatan papa partikel kayu. Urgensi dari penelitian lanjutan adalah perekat papan partikel yang sering digunakan yaitu jenis formaldehyde terbuat dari bahan yang cenderung tidak aman bagi lingkungan dan juga manusia. Tambahan, penggunaan perekat tersebut ketahan fisik dari produk cenderung rendah terutama pada ketahanan pada kondisi lembab dan ataupun berair. Sehingga patut dicari perekat alternatif yang bisa memperbaiki kekurangan dari perekat yang biasa dipakai pada proses pembuatan produk papa partikel. Berikut gambaran dari kegiatan penelitian lanjutan (Tahun II).

Pada tahap II yang dilaksanakan tahun ke II penelitian difokuskan pada pengujian kemampuan perekat bio-tar dan asam sitrat dalam proses pembuatan papan partikel. Kegiatan pertama pada tahap ini ada pembuatan alat press papan partikel. Setelah alat jadi dilanjutkan dengan pembuatan papan partikel dengan perekat bio-tar dan asam sitrat. Hasil penelitian kemudian diajukan KI Paten Sederhana.

A. Mesin Press Papan Partikel

Penelitian tahap ini difokuskan pada pengujian kemampuan perekat bio-tar dan asam sitrat pada pembuatan papan partikel. Alat press hidrolik yang terlihat pada gambar 6 adalah alat press papan partikel dengan kontrol tekanan dan suhu. Pada tahap ini, penelitian dimulai dengan pembuatan alat seperti yang terlihat pada gambar 6. Spesifikasi alat pres adalah sebagai berikut: 1) Temperatur maksimum 350 °C; 2) Tekanan maksimum 200 MPa; 3) Forming box—ukuran maksimum 50 cm x 50 cm. Setelah alat press jadi, penelitian dilanjutkan dengan pembuatan papan partikel dengan menggunakan perekat bio-tar dan asam sitrat. Adapun prosedur pembuatan papan partikel adalah sebagai berikut (Gambar G.1):

B. Proses Pembuatan Papan Partikel

Bahan dasar dari papan partikel adalah serbuk kayu. Sebelum dipakai serbuk kayu dikeringkan selama 24 Jam untuk memperoleh kadar air sekitar 7-15%. Untuk memperoleh ukuran yang ditentukan serbuk kayu di grinding dengan alat grinding listrik dengan pemotongbaja. Setelah itu serbuk di mesh dengan alat mesh ukuran 20-40 untuk screening ukuran partikel di ukuran 0,5-0,9 mm. Langkah berikutnya adalah menyiapkan perekat bio-tar dan citric acid. Variasi komposisi/perbandingan bio-tar dan asam sitrat bisa dilihat pada tabel berikut

Tabel G.1 Seting kondisi pengepresan dengan variasi rasio perekat bio-tar/asam sitrat

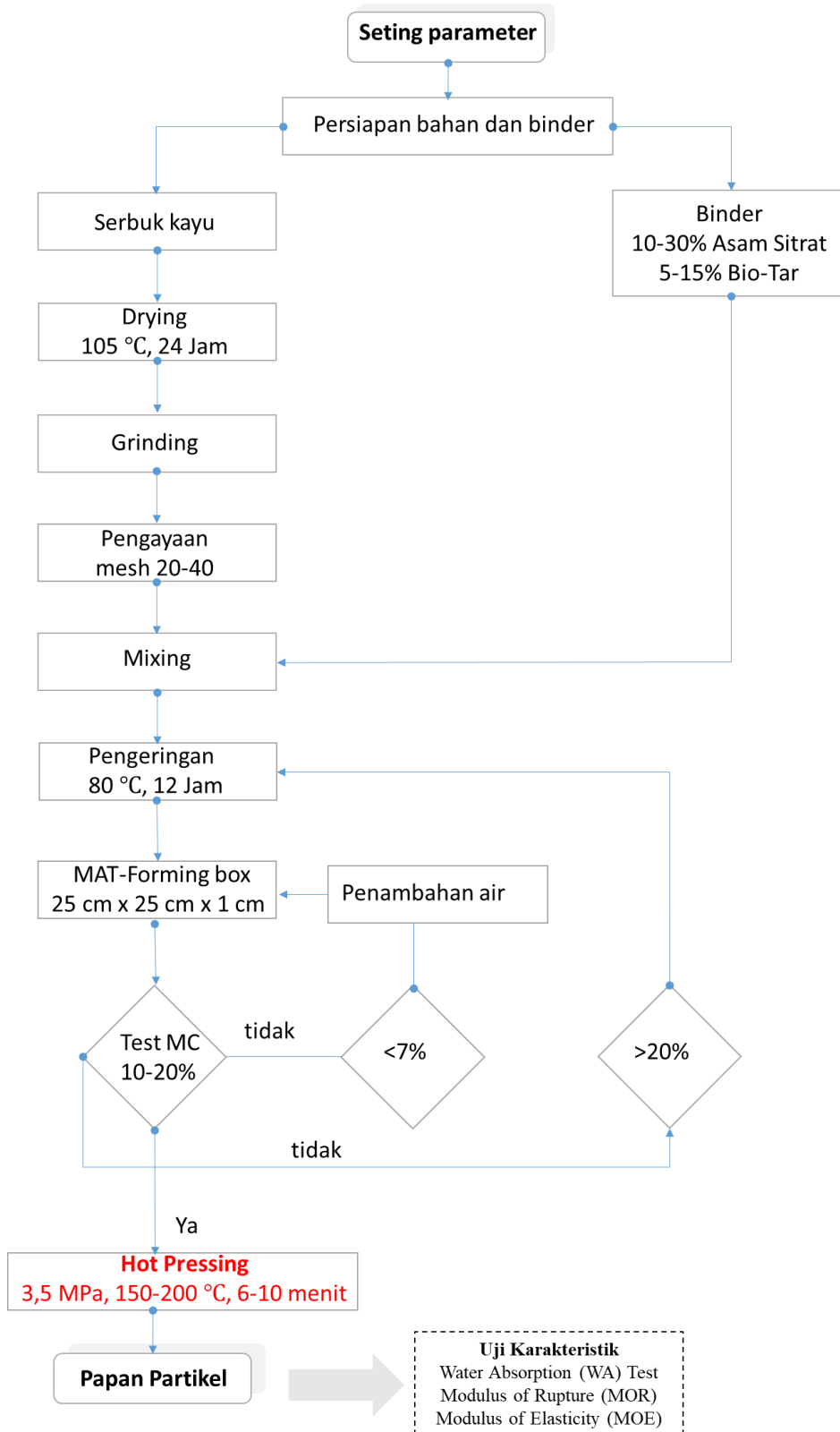
Rasio Tar/Asam (wt%)	Perekat Bio-Sitrat	Perekat (wt%)	Suhu Pengepresan (°C)	Waktu Pengepresan (min)	Target densitas (g/cm ³)
0:100					
25:75					
50:50		20	200	10	0,8
75:25					
100:0					

Tabel G.2 Seting kondisi pengepresan dengan variasi jumlah perekat

Rasio Tar/Asam (wt%)	Perekat Bio-Sitrat	Perekat (wt%)	Suhu Pengepresan (°C)	Waktu Pengepresan (min)	Target densitas (g/cm ³)
		5			
		10			
25:75		15	200	10	0,8
		20			
		25			

Sebelum digunakan asam sitrat dan bio-tar dicampur terlebih dahulu. Setelah campuran merata kemudian

disemprotkan ke serbuk kayu secara merata dan di-blender. Kadar air/moisture content (MC) campuran perekat serbuk kayu dikondisikan tidak melebihi 20%. Apabila MC melebihi dari nilai tersebut harus dikeringkan kembali dan sebaliknya apabila terlalu kering harus diberi tambahan air. Setelah mendapatkan campuran yang ditentukan kemudian dimasukkan dalam forming box-mat. Selanjutnya dipress dengan seting kondisi seperti pada tabel 1 dan 2. Sebagai langkah terakhir, papan partikel yang diperoleh kemudian didiamkan pada suhu dibawah 20 °C pada kelembaban RH 65% selama 7 hari.



Gambar G.1 Diagram proses pembuatan Papan Partikel

C. Pengujian Kekuatan Fisik Papan Partikel

Papan partikel yang sudah dibuat perlu dievaluasi karakteristik kekuatan fisiknya. Pada penelitian akan dilakukan tiga uji yaitu: water solubility, modulus of rupture (MOR) dan modulus elasticity (MOE). Detail kondisi pengujian bisa dilihat pada tabel G.3.

Tabel G.3 Seting Pengujian Papan partikel

Jenis Pengujian	Seting Kondisi	Alat Uji
Water Solubility	30 mm x 30 mm x 10 mm	Wadah air
MOR	200 mm x 50 mm x 10 mm	Universal Testing Machine (UTM)
MOE	200 mm x 50 mm x 10 mm	Universal Testing Machine (UTM)

D. Indikator Capaian Penelitian dan Target Luaran

Tabel G.4 Indikator capaian

Penelitian	Sarpras Lab.	Capaian	Luaran
Tahap II	– Alat Press Papan Partikel –dibuat – Mesin Uji UTM-Tersedia	– Mesin Press – Perekat Bio-Tar/Asam sitrat – Papan Partikel	-Artikel di Jurnal Internasional Bereputasi

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

- [1] Rahmat DW., Danang D, Deny F, Hendrix N, Bunyamin. Smart Binder: Studi Eksperimen Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Perubahan Karakteristik Kimia Binder-Tar. Unpubl Doc Lap Penelit Dipa Unnes. 2022;
- [2] Lee, Seng Hua; Md Tahir, Paridah; Lum, Wei Chen; Tan, Li Peng; Bawon, Paiman; Park, Byung-Dae; Osman Al Edrus, Syeed Saiful Azry; Abdullah, Ummi Hani. A Review on Citric Acid as Green Modifying Agent and Binder for Wood. *Polymers*. 2020. 12(8), 1692–. doi:10.3390/polym12081692
- [3] Pizzi A. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues. *J Adhes Sci Technol*. 2006. 20:829–846
- [4] J.Y. Xu, G.P. Han, E.D. Wong, S. Kawai, Development of binderless particle-board from kenaf core using steam-injection pressing. *Journal of Wood Science* 49 (2003) 327-332
- [5] Ghani, A.; Ashaari, Z.; Bawon, P.; Lee, S.H. Reducing formaldehyde emission of urea formaldehyde-bonded particleboard by addition of amines as formaldehyde scavenger. *Build. Environ*. 2018, 142, 1881–1894.
- [6] He, Z.; Umemura, K. Utilization of citric acid in wood bonding. In *Bio-Based Wood Adhesives: Preparation, Characterization, and Testing*; He, Z., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017; pp. 221–238.
- [7] Penniston, K.L.; Nakada, S.Y.; Holmes, R.P.; Assimios, D.G. Quantitative assessment of citric acid in lemon juice, lime juice, and commercially-available fruit juice products. *J. Endourol*. 2008, 22, 567–570.
- [8] Ciriminna, R.; Meneguzzo, F.; Delisi, R.; Pagliaro, M. Citric acid: Emerging applications of key biotechnology industrial product. *Chem. Cent. J*. 2017, 11, 22.
- [9] Umemura K, Ueda T, Munawar SS, Kawai S. Application of Citric Acid as Natural Adhesive for Wood. *J. Appl. Polym. Sci*. 2011. 123:1991-1996
- [10] Umemura K, Ueda T, Kawai S. Characterization of wood-based molding bonded with citric acid. *J. Wood Sci*. 2012. 58:38–45
- [11] Umemura K, Sugihara O, Kawai S. Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *J Wood Sci*. 2013. 59:203–208
- [12] Wang Y, Kang, Yao, Sun, Qiu, Zhao L, et al. Effects of different heating patterns on the decomposition

- behavior of white pine wood during slow pyrolysis. *Int J Agric Biol Eng.*2018;11(5):218–223.
- [13] Wang S, Dai G, Yang H, Luo Z. Lignocellulosic biomass pyrolysis mechanism: a state-of-the-art review. *Prog Energy Combust Sci.* 2017;62:33–86.
- [14] Park J, Lee Y, Ryu C, Park YK. Slow pyrolysis of rice straw: analysis of products properties, carbon and energy yields. *Bioresour Technol.* 2014;155:63–70.
- [15] Anis S., Wahyudi, Karnowo. Production of liquid-oil from thermolysis of electrical and electronic wastes (e-waste) under microwave irradiation. *J Phys Sci.* 2018;29:53–62.
- [16] Kang, Kang; Zhu, Mingqiang; Sun, Guotao; Qiu, Ling; Guo, Xiaohui; Meda, Venkatesh; Sun, Runcang. Codensification of *Eucommia ulmoides* Oliver stem with pyrolysis oil and char for solid biofuel: An optimization and characterization study. *Applied Energy.*2018. 223(), 347–357.
- [17] Kang K, Qiu L, Zhu M, Sun G, Wang Y, Sun R. Codensification of agroforestry residue with bio-oil for improved fuel pellets. *Energy Fuel.* 2018;32(1):598–606.
- [18] Zhang T, Qiu L, Wang Y, Zhang C, Kang K. Comparison of Bio-Oil and Waste Cooking Oil as Binders during the Codensification of Biomass: Analysis of the Pellet Quality. *BioEnergy Res.* 2019;
- [19] Karnowo, Zahara ZF, Kudo S, Norinaga K, Hayashi J-I. Leaching of alkali and alkaline earth metallic species from rice husk with bio-oil from its pyrolysis. *Energy and Fuels.* 2014;28(10):6459–66.
- [20] Zhou Y, Zhang Z, Zhang Y, Wang, Yu Y, Ji F, et al. A comprehensive review on densified solid biofuel industry in China. *Renew Sust Energ Rev.* 2016;54:1412–1428.
- [21] Whittaker C, Shield I. Factors affecting wood, energy grass and straw pellet durability – a review. *Renew Sust Energ Rev.* 2017;71:1–11.

JUDUL

Studi Kemampuan Perekat Berbahan Dasar Bio-Tar dan Asam Sitrat Pada Papan Partikel

LOKASI PENELITIAN

Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang

TIM PENELITIAN

Dr. Rahmat Doni Widodo

Dr. Karnowo

Prof. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti

Prof. Dr. Niken Subekti, M. Si

TAHUN PELAKSANAAN PENELITIAN

Tahun ke I 2023

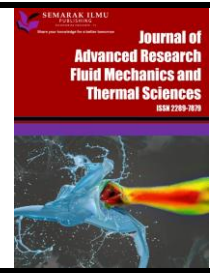
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**SKEMA PENELITIAN FUNDAMENTAL
MITRA PENELITIAN TIDAK WAJIB**



Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences

Journal homepage:
https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/fluid_mechanics_thermal_sciences/index
ISSN: 2289-7879



The Performance of Bio-Tar as Wood Pellet Binder. An optimization and characterization study

Rahmat Dony Widodo^{1,*}, Dewi Selvia Fardhyanti², Niken Subekti³, Karnowo¹, Danang Dwi Saputro¹

¹ Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Universitas Negeri Semarang, Semarang City, Indonesia

² Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Semarang, Semarang City, Indonesia

³ Department of Biology, Engineering Faculty, Universitas Negeri Semarang, Semarang City, Indonesia

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received
Received in revised form
Accepted
Available online

Keywords:

Bio-Tar; Binder; wood pellets; Taguchi method

Wood pellets are a biomass fuel that is currently of major concern because it has environmentally friendly characteristics and the availability of raw materials for making these pellets is abundant. In this research, charcoal was added to increase the carbon content of the pellets. Tapioca and tar are used as adhesives in making pellets. Research parameter settings include charcoal content percentage, pelleting pressure, pelleting temperature, adhesive percentage, and adhesive type. Furthermore, the pellets that have been made are tested for their physical characteristics, namely by impact test, proximate analysis, and compaction resistance. The test data is then processed using the Taguchi method to determine the influence of each parameter and also to find the best composition of the ingredients in the pellet variations. Based on experimental results show that tar adhesive has high adhesion ability. This condition can be seen in adhesives with a certain percentage of pellet compaction resistance increasing significantly. However, from the Taguchi test, it can be seen that the factor that has the most influence on the compaction resistance of pellets is temperature. The impact test results for all composition variations obtained good results, indicated by the loss of particles in each test of no more than 1%. Then the most optimal parameter settings are variations in charcoal content of 5%, tar adhesive of 4%, pressure of 150 MPa, and temperature of 120 °C. Adding charcoal will increase the value of bound carbon, the higher the carbon, the greater the calorific value contained in the pellets.

1. Introduction

Wood dust or sawdust is waste from the sawmill industry. Until now, the waste from the sawmill industry has been dealt with by stacking, throwing it away, and burning it. This condition has a negative impact, namely pollution of the waste into the environment. Further processing is needed to produce products that have added value (Junaidi, Ariefin, and Mawardi, 2017). Pellets are an added value of sawdust waste.

* Corresponding author.

E-mail address: rahmat.doni@mail.unnes.ac.id.

Biomass pellets have a low HHV value because the raw material comes from unprocessed wood that has a low C content and tends to have hydrophilic characteristics (easily absorbing water vapor). Hence, the addition of charcoal to the raw material is needed to increase the carbon content of the pellets (Thoha and Fajrin, 2010). Pellet production requires an adhesive that functions to bind biomass particles together. The addition of adhesive to pellet densification not only functions as a binder of biomass particles but also as a lubricant during the pressing process. Furthermore, the important role of adhesives is to improve physical and chemical qualities such as impact resistance and increase the burning rate of pellets (Tarasov, Shahi, and Leitch, 2013). Tapioca flour, starch, and tar are adhesives that can be utilized to make pellets.

To produce pellets that meet the specified quality standards, it is important to pay attention to several factors during the pelleting process. The factors mentioned include biomass particle size, adhesive percentage, pelletizing pressure, pelletizing temperature, and material drying. Drying needs to be observed hence the water content of the biomass can be accurately measured. The resulting pellets will be mushy, easily attacked by fungi, and can also clog the printing machine if the water content is excessive. Whereas, pellets are easily destroyed and difficult to form if the amount of water in the material is too small. In this research, pellet production used falcata wood powder and charcoal with tapioca flour and tar adhesive. This research was carried out to determine the effect of adding charcoal on the physical and chemical characteristics of falcata sawdust pellets. Investigation of the ability of bio-tar as an adhesive in the pellet densification process was also carried out.

2. Methodology

2.1 Materials

The materials used in this research included falcata wood dust, charcoal, tapioca flour, and bio-tar. Falcata wood biomass was obtained from the local wood farmer in Semarang district. Tapioca flour was obtained from purchasing from a tapioca processing company in the city of Semarang. Bio-tar and Charcoal are obtained from the pyrolysis process of falcata wood at a temperature of 500 °C.

Table 1
Ultimate, proximate analysis and HHV of falcata wood

Analysis	Percentage (%)
Proximate	
Fixed carbon	3,86
Moisture	13,37
Volatile matter	80,22
Ash	2,55
Ultimate analysis	
C	47,71
H	6,26
N	0,26
S	-
O ^a	45,77
HHV	18,75

^a by different

Ultimate analysis was carried out through a CHNS analyzer to determine the elemental mass percentage of carbon, H₂, N, and S in feedstock. Proximate analysis was carried out to determine moisture content in feedstock, fixed carbon in feedstock, volatile matter in feedstock, and ash in feedstock using TGA. The heating value was calculated based on the Kwaghger formula (Kwaghger, et al. 2017). Table 2 shows the proximate, ultimate analysis, and heating value (HHV) of falcata wood feedstock

2.2. Experimental Set-Up

This research applies an experimental study referring to the Taguchi method. Based on this method, it can be concluded which parameters most or dominantly influence the process (control factors) and which parameters are only interference (noise).

Table 2
 Setting parameter of Taguchi

Parameters	Setting level			
Binder	4%	6%	8%	10%
Charcoal	0%	5%	10%	15%
Pressure	50 MPa	100 MPa	150 MPa	200 MPa
Temperature	60°C	80°C	100°C	120°C
Binder Types	tapioca	tar		
Corresponding levels	1	2	3	4

Table 3
 Samples based on Taguchi arrangement

No. Pellet	Charcoal (%)	Pressure (MPa)	Temp. (°C)	Binder (%)	Binder Types
P1	0	50	60	4	tapioca
P2	0	100	80	6	tar
P3	0	150	100	8	tapioca
P4	0	200	120	10	tar
P5	5	50	80	8	tar
P6	5	100	60	10	tapioca
P7	5	150	120	4	tar
P8	5	200	100	6	tapioca
P9	10	50	100	10	tar
P10	10	100	120	8	tapioca
P11	10	150	60	6	tar
P12	10	200	80	4	tapioca
P13	15	50	120	6	tapioca
P14	15	100	100	4	tar
P15	15	150	80	10	tapioca
P16	15	200	60	8	tar

2.3 Wood Pelletizing

Pellet production starts with material preparation. The materials are sawdust, charcoal, and tapioca flour. Biomass is dried using a furnace at a temperature of 100 °C for a minimum of 12 hours to reduce the water content contained until it reaches $7\% > mc > 12\%$. After that, the sawdust and charcoal are ground using a grinder machine. Wood dust and charcoal were sieved using a 60 mesh (0.25 mm) – 80 mesh (0.17 mm). In order to use tapioca flour as an adhesive, it can be mixed in a glass with water in a 1 to 10 ratio, and then heated on a heating plate until it thickens and turns yellowish-white. Furthermore, wood powder, charcoal, and adhesive are mixed according to the specified composition (Table 2). The mixed pellet materials proceed to the drying process using a muffle furnace to determine the moisture content is about 7% -10%. The pelletizing process starts with weighing 1 gram of material pellets and pouring it into molding. The pelletizing process is carried out at temperature and pressure according to Table 2 with a pressing time of 60 seconds from 0 MPa to the desired pressure and a holding time of 90 seconds. The pellet is then taken out from the molding and weighed to determine its mass. Finally, the densified pellet is put into a desiccator to ensure the pellet is always dry prior to other analysis steps.

2.4 Pellet Physical and Chemical Test

Proximate analysis of wood pellets is carried out by ASTM standards to determine water content, volatile matter content, and ash content, that is ASTM 5142, ASTM D-7582-12, and ASTM D-3174-04, respectively. While carbon content is calculated by different tested properties mentioned before. The heating value of the pellet was obtained by calculation following the formulation developed by Kwaghger, et al. (2017)

$$HHV = (0,6042 \times FC) + (0,4083 \times VM) + (0,2442 \times AC) + (0,4107 \times MC) - 25,204$$

where:

HHV = Higher heating value; FC = Fixed carbon (%); VM = Volatile matters (%); AC = Ash content (%); MC = Moisture content (%).

The impact resistance of pellets is conducted which follows ASTM D 440-86 standard. The test is performed by dropping a pellet sample that has previously been weighed to determine its initial weight from a height of 185 cm on a metal flat and smooth base. After the sample is dropped, the pellet is then weighed again to determine the missing particles. The final result of the impact resistance test is calculated according to the ASTM standard as follows:

$$\text{Final mass \%} = \frac{A-B}{A} \times 100\%;$$

where:

A = initial mass (gr); B = final mas (gr)

The compaction resistance test aims to determine the compressive resistance value of the pellets. Testing was carried out using a Universal Testing Machine. The pellet is placed between two test plates in a vertical position, then pressure is applied until the pellet is crushed. Pellet compressive strength testing follows ASTM D4179-11 standards.

3. Result and Discussion

3.1. Fuel Characteristic of Pellet

Table 4
 Proximate Analysis of the wood pellets

No. Pellet	MC (%)	Volatile meter (%)	Ash (%)	Fixed Carbon(%)	HHV (MJ/kg)
P1	9,59	76,33	1,19	12,87	17,97
P2	8,36	76,04	1,19	14,39	18,27
P3	8,58	75,85	1,16	14,40	18,27
P4	4,57	78,32	1,45	15,64	18,46
P5	7,22	72,39	1,36	19,02	19,14
P6	8,44	72,49	1,27	17,77	18,91
P7	6,33	73,64	1,33	18,69	19,08
P8	7,62	72,49	1,49	18,39	19,00
P9	6,50	70,09	1,29	22,10	19,76
P10	6,53	69,73	1,33	22,39	19,81
P11	6,95	69,35	1,22	22,46	19,84
P12	7,21	70,07	1,46	21,25	19,56
P13	6,55	66,41	1,87	25,16	20,26
P14	6,27	65,82	1,44	26,45	20,58
P15	7,45	66,04	1,70	24,80	20,22
P16	6,03	67,66	1,57	24,72	20,22

It can be seen from Table 4 of the proximate value data, it can be concluded that the greater the percentage of charcoal added to the biomass mixture, the lower the volatile matter value, the lower the volatile matter value in the pellet, the higher the fixed carbon, the higher the fixed carbon. then the calorific value contained in the pellets is also greater. The lowest fixed carbon value is found in P1 pellets, namely with a percentage of 0% charcoal and 4% tapioca adhesive, the fixed carbon is 12.87% and the calorific value is 17.97 MJ/kg or the equivalent of 4293.24 Kcal/kg. The pellet with the highest fixed carbon value is the P14 pellet, namely with a percentage of 15% charcoal and 4% fixed carbon tar adhesive of 26.45% and a calorific value of 20.58 MJ/kg or equivalent to 4916.79 Kcal/kg.

3.2 Drop resistance

Data resulting from the impact test are displayed in Table 5 which presents the percentage of mass lost after the pellet is dropped. Each pellet sample was dropped from a height of 185 cm on the surface of an iron plate and carried out 4 times (Sample A, B, C, and D).

According to the impact test that has been carried out, the results obtained are as in Table 5 and then the data is presented in graphical form as in Figure 1. It is found that the particles lost from all variations of pellets are no more than 1%, according to ASTM D standards 440-86, which shows that all pellet specimens that have been made are included in the good category because the particles lost do not exceed 1% of the initial weight. Based on the impact tests that have been carried out, the specimen with the worst or worst impact resistance is pellet number P6, namely a specimen with variations of 5% charcoal, 10% tapioca adhesive, pressure of 100 MPa, and temperature of 60 °C.

Specimens with good impact resistance are pellets that have absolutely no particles lost after being tested, namely pellets numbered P4, P7, P8, and P13.

Table 5
 Drop resistance

No. Pellet	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
P1	0,001	0,001	0,000	0,001
P2	0,000	0,000	0,001	0,001
P3	0,000	0,000	0,000	0,001
P4	0,000	0,000	0,000	0,000
P5	0,000	0,002	0,001	0,001
P6	0,002	0,002	0,001	0,002
P7	0,000	0,000	0,000	0,000
P8	0,000	0,000	0,000	0,000
P9	0,000	0,000	0,000	0,001
P10	0,000	0,000	0,000	0,001
P11	0,001	0,001	0,002	0,001
P12	0,000	0,001	0,002	0,001
P13	0,000	0,000	0,000	0,000
P14	0,001	0,000	0,000	0,000
P15	0,001	0,001	0,001	0,002
P16	0,000	0,001	0,001	0,001

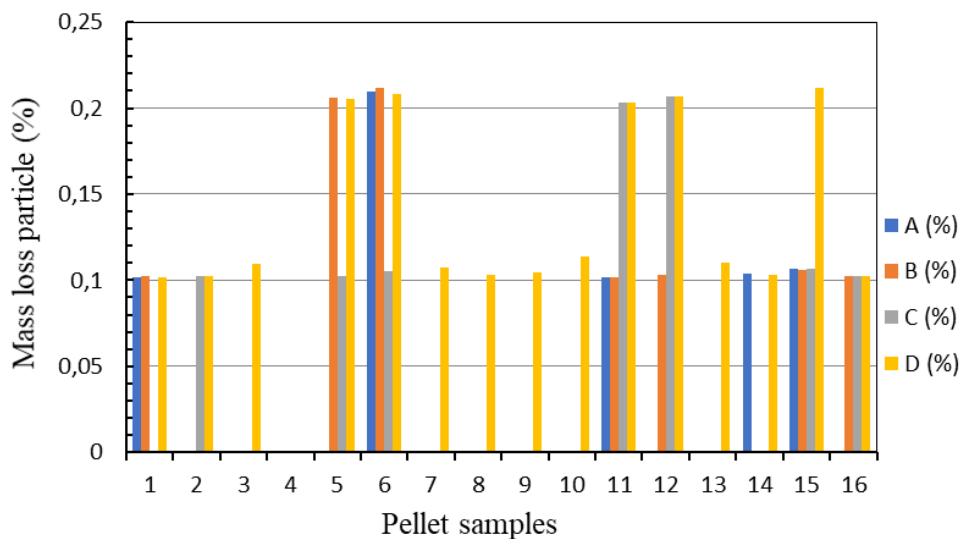


Fig. 1. Pellet Drop Resistance

3.3. Compaction Strength

Compaction testing was carried out 4 times for each variation using a Universal Testing Machine. Data obtained from compaction tests taken 3 specimens (sample A, B, and C) per variation are shown in Table 6.

Table 6
 Compaction Strength

No. Pellet	A (N)	B (N)	C (N)	AVG	STDV
P1	163,77	172,59	166,71	167,69	4,49
P2	232,41	229,47	240,26	234,05	5,57
P3	282,43	288,31	281,45	284,06	3,71
P4	310,87	318,71	315,77	315,12	3,96
P5	200,05	198,09	201,03	199,72	1,49
P6	126,50	127,48	138,27	130,75	6,52
P7	328,52	309,89	326,56	321,65	10,23
P8	238,30	236,34	252,03	242,22	8,54
P9	199,07	212,80	206,92	206,26	6,88
P10	254,97	259,87	255,95	256,93	2,59
P11	179,46	185,34	182,40	182,40	2,94
P12	202,99	202,01	197,11	200,70	3,15
P13	249,08	248,10	246,14	247,78	1,49
P14	229,47	231,43	228,49	229,80	1,49
P15	144,15	143,17	147,10	144,81	2,04
P16	166,71	161,80	166,71	165,07	2,83

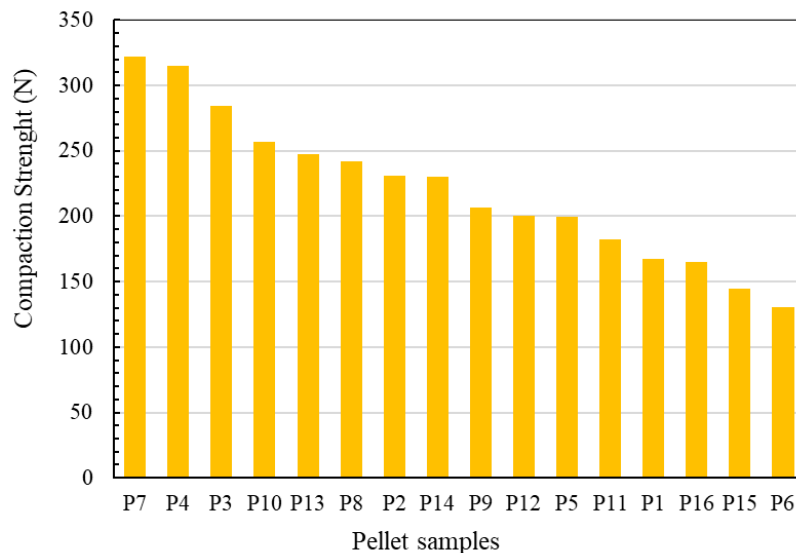


Fig. 2. Pellet Compaction Resistance

Compaction resistance test data is taken from the average of the test results of the 3 best specimens. Compaction resistance test data can be seen in Table 6. Then it is presented in graphical form (Figure 2). Based on the data that has been obtained, the pellets that have the lowest

compaction resistance value are P6 pellets, namely the average compaction resistance value is 130.75 N. P6 pellets are pellets with varying percentages of 5% charcoal, 10% tapioca adhesive, 100 MPa pelleting pressure, and the temperature is 60 °C. The best compaction resistance test results were found in P7 pellets, with an average value of 321.65 N. P7 pellets are pellets with varying charcoal percentages of 5%, tar adhesive 4%, pelleting pressure of 150, and temperature of 120 °C.

Table 7
 ANOVA (analysis of variance) of Compaction Strength

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Charcoal (%)	3	5944,1	12,36%	5944,1	1981,4	11,84	0,079
Pressure (MPa)	3	2269,0	4,72%	2269,0	756,3	4,52	0,186
Temperature (°C)	3	35179,2	73,16%	35179,2	11726,4	70,08	0,014
Binder (%)	3	2422,1	5,04%	2422,1	807,4	4,83	0,176
Binder types	1	1936,6	4,03%	1936,6	1936,6	11,57	0,077
Error	2	334,6	0,70%	334,6	167,3		
Total	15	48085,6	100,00%				

Data processing was carried out using Minitab statistical software. The data is presented in Table 7 and Table 8. From Table 7 it can be seen that the parameter that most influences the compaction resistance of pellets is temperature, namely its contribution is 73.16%. And the lowest influence is the adhesive type, namely the contribution is 4.03%.

From the results of ANOVA (Analysis of Variance), pelleting temperature has the greatest influence, namely the high compaction value, which can be seen from Figure 3, namely the pellet with the lowest compaction value is P6 pellet, P6 is the pellet with a temperature variation of 60 °C. The highest compaction values are found in pellets P7 and P4, P7 and P4 are pellets with a temperature variation of 120 °C. A high pelleting temperature will make the lignin in the biomass melt and fill the gaps between the particles which causes the bonds between the particles to be stronger and denser, this is what makes pellets with a high pelleting temperature have a large compaction value.

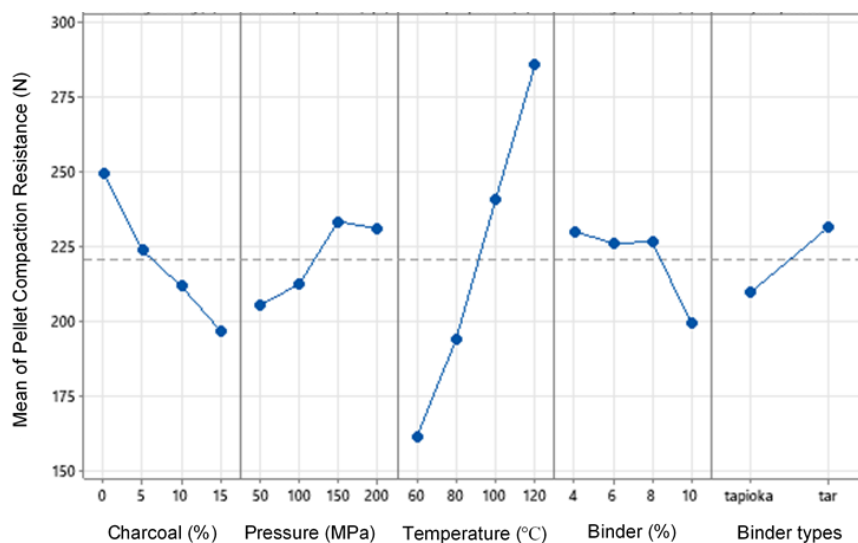


Fig.3. Main effect plot of pelleting parameters on the pellet compaction resistance

Table 8
 Response Table of Mean Compaction Resistance of Pellets

<i>Corresponding levels</i>	Charcoal (%)	Pressure (MPa)	Temp. (°C)	Binder(%)	Binder types
1	249,457	205,368	161,483	229,966	209,372
2	223,592	212,110	194,049	225,839	231,376
3	211,578	233,235	240,590	226,452	
4	196,869	230,783	285,374	199,238	
Delta	52,588	27,867	123,891	30,728	22,004
Rank	2	4	1	3	5

Figure 3 and Table 8 tell about the influence of each parameter. The first factor that most influences the compaction resistance of pellets is temperature. The greater the temperature used, the higher the compaction resistance test results. The second factor that influences the compaction resistance of pellets is the charcoal content. The higher the charcoal content, the smaller the compaction resistance value. This is because charcoal is hydrophobic so that if the charcoal content is greater, the bonds between the particles in the pellets will become weaker.

Based on the analysis, the adhesive content that has the best compaction resistance value is an adhesive with a percentage of 4%, while the adhesive with the worst compaction resistance value is an adhesive with a percentage of 10%. Figure 3 shows that the greater the pelleting pressure, the greater the compaction resistance value, but at a pressure of 200 MPa it decreases. A pressure of 150 MPa is the compaction pressure that has the best effect on compaction resistance. Meanwhile, the pressure of 50 MPa is the pressure that has the smallest influence on the compaction resistance of the pellets. In this research, two types of adhesive were used, namely tapioca and tar. Figure 3 shows that tar adhesive has a better effect on pellet compaction resistance when compared to tapioca adhesive. From the research that has been carried out, the variation in making pellets that have the best compaction resistance is pellets with variations in charcoal content of 5%, tar adhesive of 4%, pelleting pressure of 150 MPa, and pelleting temperature of 120 °C.

4. Conclusion

Based on the data analysis that has been carried out, it is concluded that the greater the percentage of charcoal added to the biomass mixture, the lower the volatile matter value, the lower the volatile matter value in the pellets, the higher the fixed carbon, the higher the fixed carbon. The calorific value contained in the pellets also increases. From the analysis of data obtained using the Taguchi method, it can be concluded that the factor that has the most influence on the compaction resistance of pellets is temperature. The pellet with the highest compaction resistance value is the P7 pellet, namely the average compaction resistance value is 321.65 N with a pelleting temperature variation of 120 °C. Then the most optimal parameter settings according to the Taguchi method are variations in charcoal content of 5%, tar adhesive of 4%, pressure of 150 MPa, and temperature of 120 °C. In addition, bio-tar produced from biomass pyrolysis shows high performance for applied as the binding agent.

Acknowledgement

The authors would like to express their gratitude to the Indonesian Ministry of Research, Technology, and Higher Education (DIKTI), which financially supported this research for one consecutive year.

References

1. Kwaghger, L. A. Enyejoh, and H. A. Lortyer, "The development of equations for estimating high heating values from proximate and ultimate analysis for some selected indigenous fuel woods," *Eur. J. Eng. Technol* 5 (2017) 21-33
2. Junaidi, Ariefin and Mawardi, I. (2017) 'Pengaruh Persentase Perekat Terhadap Karakteristik Pellet Kayu Dari Kayu Sisa Gergajian', *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 1(1), pp. 13–17.
3. Tarasov, D., Shahi, C. and Leitch, M. (2013) 'Effect of Additives on Wood Pellet Physical and Thermal Characteristics: A Review', *ISRN Forestry*, 2013(July 2014), pp. 1–6. doi: 10.1155/2013/876939.
4. Thoha, M. Y. and Fajrin, D. E. (2010) 'Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren Sebagai Pengikat', *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1), pp. 34–43.

Workflow **Publication**

Submission Review Copyediting Production

Round 1

Round 1 Status

Awaiting responses from reviewers.

Review Discussions

[Add discussion](#)

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
<i>No Items</i>				

JUDUL

Studi Kemampuan Perekat Berbahan Dasar Bio-Tar dan Asam Sitrat Pada Papan Partikel

LOKASI PENELITIAN

Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang

TIM PENELITIAN

Dr. Rahmat Doni Widodo

Dr. Karnowo

Prof. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti

Prof. Dr. Niken Subekti, M. Si

TAHUN PELAKSANAAN PENELITIAN

Tahun ke I 2023

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

LATAR BELAKANG

Penggunaan perekat kimia pada pembuatan papan partikel terbukti bisa menaikkan ketahanan fisik namun karena penggunaan perekat tersebut produk cenderung lebih bersifat hidrophilik atau mudah menyerap air dan ini menyebabkan kerusakan cepat. Permasalahan lain harga perekat kimia semakin mahal dan cenderung tidak ramah lingkungan. Mengatasi hal tersebut penggunaan perekat “alternative” bio-tar sebagai produk pirolisis biomassa bias menjadi solusi. Bio-tar bersifat hidrofobik yang lebih tahan air. Dengan menambahkan asam sitrat sebagai campuran perekat bio-tar diharapkan bias meningkatkan kemampuan perekatan setara dengan perekat kimia yang sudah biasa dipakai.

TUJUAN PENELITIAN

Menemukan komposisi yang tepat antara bio-tar dan asam sitrat untuk mendapatkan perekat dengan kemampuan perekatan yang tinggi pada proses pembuatan papan partikel

KEBARUAN PENELITIAN

Penggunaan **Bio-tar dan Asam sitrat** sebagai perekat pada proses pembuatan papan partikel baru pertama kali diuji coba

METODE TAHUN I 2023

Tahun I melakukan pengujian **kemampuan perekat bio-tar dan asam sitrat** sebagai perekat pada pellet biomasa

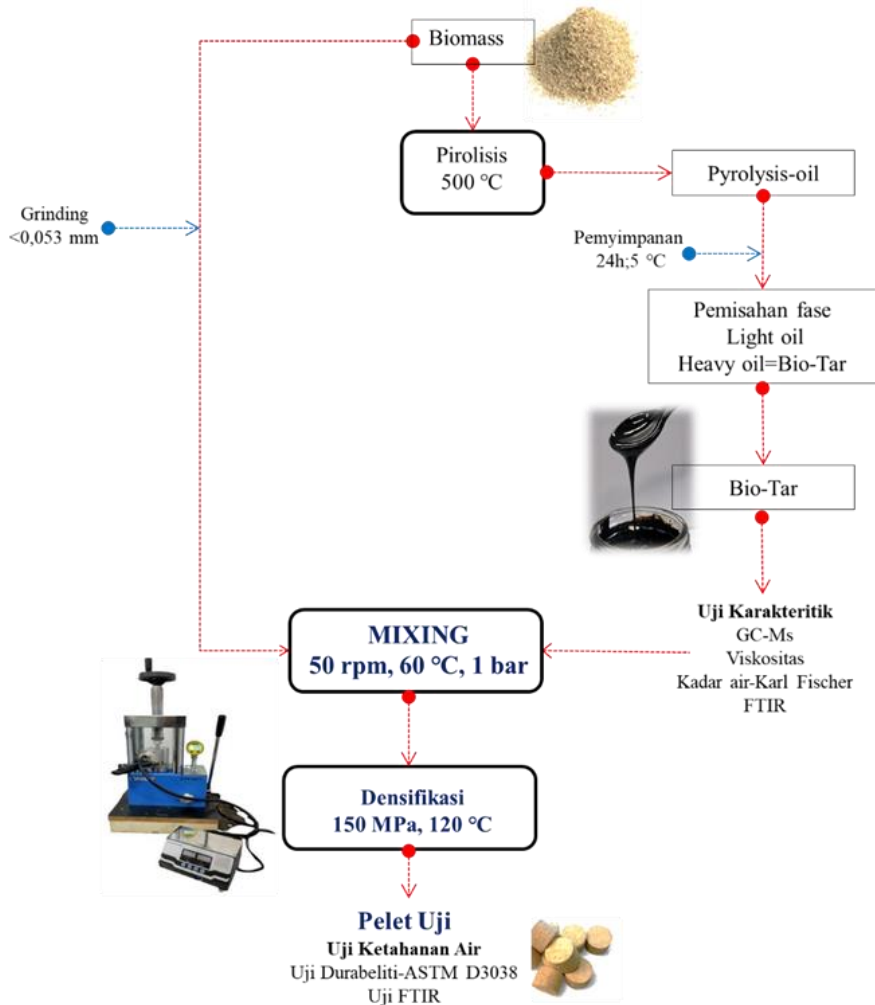
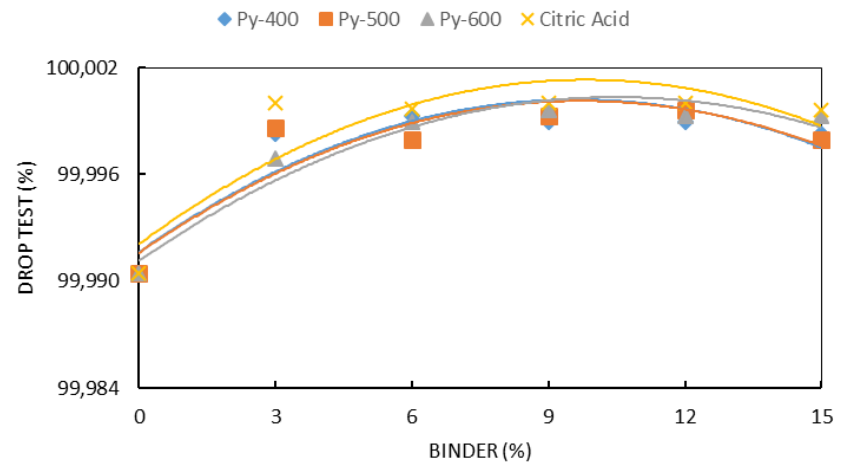
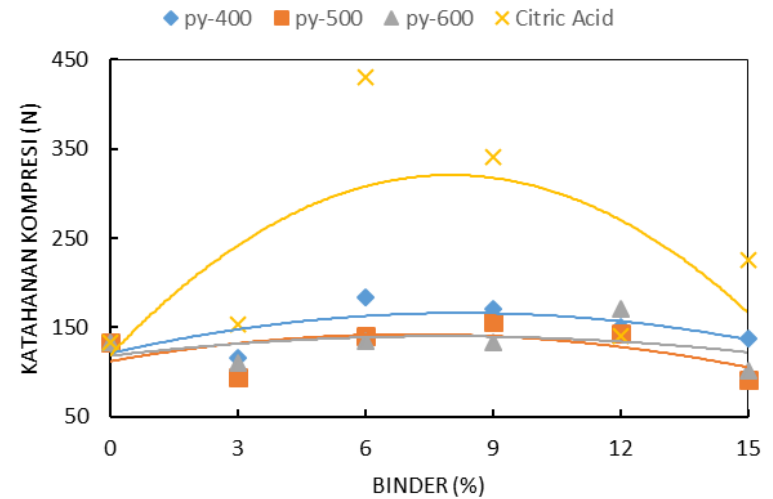


Diagram Alir Pembuatan Pelet Uji



Perekat asam sitrat mempunyai pengaruh yang lebih baik terhadap **ketahanan kompresi an drop test** dari pelet dibandingkan perekat tar. Asam sitrat mempunyai gugus carbonil yang akan berikatan kimia yang kuat dengan partikel pellet.

LUARAN

No	Kategori Luaran	Keterangan
1	Publikasi di Jurnal Internasional Bereputasi	Sedang direview Jurnal Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences (Q3)
2	Patent Sederhana	Proses drafting

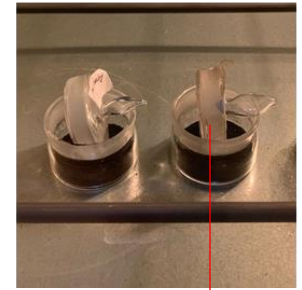
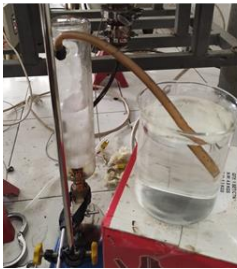
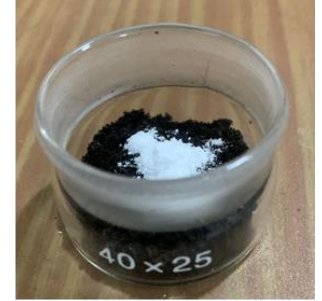
KESIMPULAN SARAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan: Variasi perekat tar dan asam sitrat mempengaruhi karakteristik pelet, baik karakteristik fisik maupun kimia. Pengerahu asam sitrat lebih besar terhadap peningkatan ketahanan fisik disbanding dengan perekat tar karena kandungan gugus karbonil yang mengikat antar partikel dengan ikatan kimia kovalen. Kemampuan perekat tar terbatas dengan karakteristik ikatan hydrogen yang tidak kuat tapi mencukupi untuk menaikkan peningkatan ketahanan fisik pellet. **Saran:** Perlu ditambahkan pengujian ketahanan terhadap air untuk membuktikan pengaruh bio-tar.

Rekomendasi:

Perlu menguji kemampuan perekatan bio-tar dengan campuran asam sitrat pada proses pembuatan papan partikel. Tahun ke II Pelaksanaan penelitian.

AKTIFITAS PENELITIAN DAN HASIL HASIL PENELITIAN



SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr RAHMAT DONI WIDODO S.T, M.T

Alamat : Kalialang Lama RT.04 Rw.01 Sukorejo Gunung Pati

berdasarkan Surat Keputusan Nomor B/422/UN37 MIA2023 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 1441E5fG.02.00PL12023 mendapatkan Anggaran Penelitian Studi Kemampuan Perekat Berbahan Dasar Bio-Tar dan Asam Sitrat Pada Papan Partikel Sebesar 107,800,000

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan Penelitian di bawah ini meliputi :

No	Uraian	Jumlah
01	Bahan Penggunaan anggaran Penelitian untuk pengadaan bahan penelitian	59,628,500
02	Pengumpulan Data Penggunaan anggaran penelitian untuk kegiatan pengambilan data penelitian yang meliputi kegiatan pengambilan sampel data penelitian	13,880,000
03	Analisis Data(Termasuk Sewa Peralatan Penggunaan dana penelitian untuk kegiatan pengujian sampel data dan selanjutnya diolah menjadi data penelitian	24,550,000
04	Pelaporan, Luaran Wajib dan Luaran Tambahan Penggunaan anggaran penelitian untuk pembuatan laporan penelitian, dan drafting artikel dan biaya publikasi luaran	9,000,000
05	Lain-lain	0
	Jumlah	107,058,500

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan Penelitian dimaksud.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Semarang, 05-12-2023

Ketua,



(Dr RAHMAT DONI WIDODO S.T, M.T)

NIP/NIK 3374122709750001