

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Ajis, A., Widiarsa, F. A., & Ma, M. (2015). Analisa Efisiensi Termal Tungku Biomassa Menggunakan Bahan Bakar Kayu Bakar. In *TRANSMISI*.
- Amoako, G., & Mensah-Amoah, P. (2019). Determination of Calorific Values of Coconut Shells and Coconut Husks. *Original Research Article Amoako and Mensah-Amoah, JMSRR*(2), 1–7. <https://doi.org/10.9734/JMSRR/2019/45639>
- Anufriev, I. S., Kopyev, E. P., Sadkin, I. S., & Mukhina, M. A. (2021). NO_x reduction by steam injection method during liquid fuel and waste burning. *Process Safety and Environmental Protection*, 152, 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.016>
- Badan Standar Nasional. (2013). *SNI 7926:2013 Standar Nasional Indonesia Kinerja tungku biomassa Badan Standardisasi Nasional*. www.bsn.go.id
- Bagus Dharmawan, I., Teknik Mesin Alat Berat, J., & Negeri Balikpapan, P. (n.d.). *PENGARUH PENAMBAHAN UAP AIR KERING PADA LANGKAH HISAP TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR BENSIN* (Vol. 4, Issue 2).
- Baldwin, S. F. (1987). *BIOMASS STOVES: ENGINEERING DESIGN, DEVELOPMENT, AND DISSEMINATION*.
- Barbour, M., Udesen, D., Bentson, S., Pundle, A., Tackman, C., Evitt, D., Means, P., Scott, P., Still, D., Kramlich, J., Posner, J. D., & Lieberman, D. (2021). Development of wood-burning rocket cookstove with forced air-injection. *Energy for Sustainable Development*, 65, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.09.003>
- Baxter, L. L., Jenkins, B. M., Baxter, L. L., & Miles, T. R. (1998). Combustion Properties of Biomass. In *Fuel Processing Technology* (Vol. 54). <https://www.researchgate.net/publication/268980426>
- Bentson, S., Evitt, D., Still, D., Lieberman, D., & MacCarty, N. (2022). Retrofitting stoves with forced jets of primary air improves speed, emissions, and efficiency: Evidence from six types of biomass cookstoves. *Energy for Sustainable Development*, 71, 104–117. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.09.013>
- Bryden, M., Still, D., Scott, P., Hoffa, G., Ogle, D., Bailis, R., & Goyer, K. (2005). *Design principles for wood burning cook stoves*. Shell Foundation. *Aprovecho Research Center, Partnership for Clean Indoor Air*. www.Aprovecho.net.
- Callidus Technologies. (2019). *T08 - Callidus nViro Fourth Generation (4G) Steam Flare Technologies-Kraus, K*.

- Clean Cooking Alliance. (2014). *The Water Boiling Test Environmental Protection Agency, Partnership for Clean Indoor Air (PCIA), with updates coordinated by PCIA and the Global Alliance for Clean Cookstoves (Alliance)*.
<http://www.cleancookstoves.org/our-work/standards-and-testing/learn->
- Demirbas, A. (2009). *Biofuels*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-011-1>
- Dirgantara, M., Karelius, K., & Ariyanti, Sry Ayu K. Tamba, M. D. (2020). Evaluasi Prediksi Higher Heating Value (HHV) Biomassa Berdasarkan Analisis Proksimat. *Risalah Fisika*, 4(1), 1–7.
<https://doi.org/10.35895/rf.v4i1.166>
- Fajar Aryansyah, M., Santoso, H., Firdan Nurdin, M., & Mesin, J. T. (2022). *Analisis Efisiensi Termal Pada Kompor Biomassa Dengan Menggunakan Water Boiling Test (WBT)*.
- Gatut Prakosa, G., Muttaqin, T., & Harjoko, D. (2018). Sifat Fisik dan Keawetan Kayu Cemara Gunung (Casuarina junghuniana) di Pegunungan Bromo Kabupaten Probolinggo Physical Characteristics and Durability of Cemara Gunung Wood (Casuarina junghuniana) in Mt. Bromo Probolinggo. In *Jurnal Daun* (Vol. 5, Issue 2).
- Ghafar, H., Halidi, S. N. A. M., Sufian, M., & Aib, S. '. (2020). *Coconut shell: Thermogravimetric analysis and gross calorific value*.
http://www.data.gov.my/data/ms_MY/dataset/makl
- Global Alliance for Clean Cookstoves. (n.d.). *Handbook for Biomass Cookstove Research, Design, and Development A PRACTICAL GUIDE TO IMPLEMENTING RECENT ADVANCES*.
- International Baccalaureate Organization. (2014). *Chemistry data booklet*.
- J.Hong, C. B. M. B. J. B. dan K. L. J. Z. (2007). *New Steam Assisted Flare Technology*. www.hydrocarbonengineering.com
- Krisnawati, H., Kallio, M., & Kanninen, M. (2011). *Aleurites moluccana (L.) Willd.*.
- Li, A., Zheng, Z., & Song, Y. (2021). A Simulation Study of Water Injection Position and Pressure on the Knock, Combustion, and Emissions of a Direct Injection Gasoline Engine. *ACS Omega*, 6(28), 18033–18053.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.1c01792>
- Manavalla, S., & Sreekanth, M. (2014). Primary Fragmentation of Wood in a Fluidized Bed Combustor-An Experimental Investigation. In *International Journal of Innovation and Scientific Research* (Vol. 9, Issue 2).
<http://www.ijisr.issr-journals.org/>

- Natural Research Council. (1984). *Casuarinas: nitrogen fixing trees for adverse sites*.
- Nurhadi, M. (2021). Gas dan Termodinamika. *Energy*.
- Patabang, D., Arif, E., Jalaluddin, & Aziz, N. (2019). The effect of adding candlenut shell into the low-rank coal on combustion performance. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 42(1), 116–121. <https://doi.org/10.26480/jmerd.01.2019.116.121>
- Prastowo, B. (2011). *Paper is presented in the German-Indonesia Workshop on Biomass: Our Last Resource Defining Sustainable Policies and Management of Indonesia s Biomass Utilization Biomass Resource in Indonesia : Indonesia s Solid Biomass Energy Potential*.
- Saga, K., Yokoyama, S., Imou, K., & Kaizu, Y. (2008). A Comparative Study of the Effect of CO₂ Emission Reduction by Several Bioenergy Production Systems. In *International Energy Journal* (Vol. 9). www.serd.ait.ac.th/eric
- Sarkar, J. K., & Wang, Q. (2020). Different pyrolysis process conditions of South Asian waste coconut shell and characterization of gas, bio-char, and bio-oil. *Energies*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/en13081970>
- Still, D., Bentson, S., Lawrence, R. H., Adams, E., Andreatta, D., Evitt, D., Attenweiler, C., & Harris, K. (2021). *Clean Burning Biomass Cookstoves 2nd Edition 2021*. www.aprovecho.org
- Suyitno. (2011). *Produksi Gas dari Padatan: Dasar-dasar, Teknik, Simulasi, dan Aplikasi*.
- Yunus Nasution, A., Hiro, F., Tarigan, L., Kunci, K., Bahan, :, Konvensional, B., Biomassa, L., & Biomassa, K. (2022). *ANALISA DESAIN KOMPOR BIOMASSA BERBAHAN BAKAR TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN ANSYS*. 10(1), 22–29. <https://talenta.usu.ac.id/dinamis>
<https://stoves.bioenergylists.org/belonioqga>

LAMPIRAN

Tabel A. 1. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi tanpa injeksi uap (batang kayu cemara gunung)

Tanpa Injeksi Uap (Batang Kayu Cemara Gunung)				
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	25	361	67	0,1
2	30	419	70	0,4
3	31	500	85	0,7
4	33	545	102	0,7
5	35	514	115	0,8
6	37	392	490	0,9
7	40	484	578	0,9
8	42	466	540	0,8
9	45	537	593	0,9
10	48	585	554	0,8
11	51	575	555	0,8
12	54	544	600	0,9
13	58	554	561	1
14	61	586	542	1,1
15	65	619	515	1,2
16	67	638	529	1,2
17	70	659	523	1,1
18	73	648	520	1,1
19	76	700	534	1,2
20	79	679	561	1,2
21	82	705	636	1,3
22	84	685	574	1,3
23	86	663	593	1,3
24	88	644	585	1,2
25	90	614	614	1,3
26	92	611	611	1,4
27	100	613	613	1,3

Tabel A. 2. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi injeksi uap *over-fire* (batang kayu cemara gunung)

Injeksi Uap <i>Over-fire</i> (Batang Kayu Cemara Gunung)					
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Temperatur Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	27	184	531	66	0,1
2	33	461	512	72	0,8
3	35	732	499	80	1,1
4	39	735	541	88	1,8
5	42	866	565	95	3,1
6	47	851	622	100	3,6
7	56	830	629	100	4,6
8	65	859	654	100	6,2
9	82	880	724	103	6,6
10	94	941	753	122	7
11	100	890	758	122	7,2

Tabel A. 3. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi injeksi uap *under-fire* (batang kayu cemara gunung)

Injeksi Uap <i>Under-fire</i> (Batang Kayu Cemara Gunung)					
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Temperatur Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	27	102	281	43	0,5
2	30	134	360	67	0,6
3	33	228	299	89	0,7
4	35	221	292	94	0,7
5	37	224	259	97	0,7
6	39	658	302	100	0,8
7	41	643	284	100	0,7
8	50	605	305	100	0,8
9	53	530	362	101	0,7
10	55	533	260	100	0,7
11	57	467	320	101	0,8
12	58	557	300	100	0,7
13	58	634	340	100	0,7
14	59	715	385	100	0,8
15	60	750	410	100	0,9
16	64	658	418	100	0,9
17	65	725	432	100	0,8
18	69	608	426	100	0,9
19	71	627	422	100	0,9
20	75	650	462	103	1,2
21	79	732	524	104	1,1
22	80	712	511	104	1
23	81	721	426	100	0,9
24	81	837	508	98	0,9

Tabel B. 1. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi tanpa injeksi uap (tempurung kelapa)

Tanpa Injeksi Uap (Tempurung Kelapa)				
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	27	43	207	0,1
2	29	47	321	0,3
3	33	450	405	0,7
4	36	353	506	0,7
5	41	234	657	0,8
6	47	313	647	0,8
7	50	315	686	0,8
8	55	354	682	0,8
9	57	391	690	0,8
10	60	457	676	0,7
11	62	515	665	0,7
12	66	555	686	0,9
13	69	598	681	0,9
14	71	617	651	0,9
15	74	656	592	0,9
16	77	689	532	0,8
17	78	651	495	0,8
18	79	592	491	0,9
19	81	612	475	0,8
20	82	597	495	0,8
21	85	622	556	1
22	86	600	507	0,9
23	87	605	500	0,7
24	88	592	466	0,9
25	87	593	437	0,7
26	87	573	422	0,8
27	87	560	405	0,7

Tabel B. 2. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi injeksi uap *over-fire* (tempurung kelapa)

Injeksi Uap <i>Over-fire</i> (Tempurung Kelapa)					
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Temperatur Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	24	35	171	38	0,1
2	26	57	165	57	0,7
3	27	83	362	63	0,7
4	30	283	498	72	0,8
5	32	264	408	88	0,9
6	34	218	398	94	1,2
7	37	207	503	95	1,5
8	43	369	576	100	3,1
9	53	642	594	101	4,1
10	64	736	629	101	4,1
11	74	760	662	102	4,5
12	85	740	678	103	4,8
13	93	790	656	100	5,6
14	100	806	671	100	6,3

Tabel B. 3. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi injeksi uap *under-fire* (tempurung kelapa)

Injeksi Uap <i>Under-fire</i> (Tempurung Kelapa)					
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Temperatur Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	26	91	360	39	0,5
2	30	150	404	52	0,7
3	34	156	303	61	0,7
4	36	176	389	66	0,9
5	38	199	358	68	0,8
6	40	230	540	77	0,7
7	43	279	558	88	0,9
8	48	548	461	94	1,1
9	50	606	422	100	1,1
10	53	664	375	100	1,1
11	55	651	377	100	0,9
12	56	649	480	100	1
13	58	555	379	100	0,9
14	60	534	463	103	1
15	60	554	362	104	0,8
16	62	541	373	104	0,7
17	63	603	415	103	1,1
18	65	593	396	106	1
19	67	572	380	106	1,2
20	68	545	350	100	1,1
21	69	602	374	108	0,9
22	69	562	391	110	0,7
23	70	552	377	111	0,8
24	71	496	367	110	0,6
25	70	467	340	100	0,5
26	69	455	319	97	0,3

Tabel C. 1. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi tanpa injeksi uap (cangkang biji kemiri)

Tanpa Injeksi Uap (Cangkang Biji Kemiri)				
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	29	332	527	0,1
2	32	523	502	0,6
3	43	518	557	0,8
4	45	530	445	0,7
5	48	515	498	0,9
6	51	510	500	1
7	55	496	501	1,1
8	56	485	500	1,1
9	59	473	475	1,1
10	61	454	482	1
11	63	446	488	0,8
12	65	435	500	0,9
13	69	431	502	0,7
14	70	427	502	0,8
15	73	421	500	0,9
16	75	414	486	0,8
17	76	489	571	0,9
18	77	522	657	0,9
19	78	453	637	0,8
20	84	452	582	0,8
21	86	440	588	0,9
22	87	433	573	0,9
23	89	416	524	0,9
24	89	404	568	0,8
25	89	403	433	0,8
26	89	397	459	0,8
27	89	395	419	0,9
28	88	384	340	0,9
29	88	465	358	0,9
30	87	446	348	0,8
31	87	425	333	0,1
32	87	419	327	0,1

Tabel C. 2. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi injeksi uap *over-fire* (cangkang biji kemiri)

Injeksi Uap <i>Over-fire</i> (Cangkang Biji Kemiri)					
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Temperatur Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	25	105	251	31	0,1
2	26	125	255	43	0,1
3	28	123	267	62	0,1
4	29	126	225	66	0,3
5	30	107	279	67	0,5
6	31	131	389	73	0,7
7	32	156	394	77	0,7
8	33	245	327	83	0,9
9	34	346	280	91	0,8
10	35	380	283	94	0,7
11	37	589	374	98	1,8
12	39	548	376	100	2,9
13	41	490	378	100	3,4
14	44	447	451	100	3,7
15	48	438	499	100	4
16	52	546	485	100	4,1
17	58	577	532	100	4,3
18	66	598	534	100	4,5
19	72	593	547	100	4,6
20	78	608	534	100	4,7
21	84	604	558	100	4,9
22	89	608	559	100	4,8
23	100	653	615	100	4,8

Tabel C. 3. Rekapitulasi hasil pengujian mendidihkan air variasi injeksi uap *under-fire* (cangkang biji kemiri)

Injeksi Uap <i>Under-fire</i> (Cangkang Biji Kemiri)					
Waktu (Menit)	Temperatur Air Dalam Panci (°C)	Temperatur Ruang Bakar (°C)	Temperatur Ujung Cerobong (°C)	Temperatur Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)
1	27	320	234	36	0,1
2	30	371	216	54	0,1
3	34	325	292	76	0,7
4	36	334	208	85	0,7
5	37	401	218	91	0,8
6	39	405	302	94	0,7
7	43	446	480	98	0,8
8	45	344	307	100	0,8
9	47	325	509	100	0,9
10	51	364	408	102	0,9
11	53	367	332	101	1,1
12	55	332	380	100	1
13	56	380	442	102	0,9
14	58	317	471	101	0,9
15	59	335	500	102	0,9
16	60	417	535	101	0,8
17	62	335	307	101	0,8
18	63	447	383	102	0,9
19	64	451	392	101	0,9
20	66	473	401	101	1
21	68	527	412	105	1
22	69	458	349	103	1,1
23	70	523	378	107	1,2
24	70	508	395	111	1,1
25	71	546	452	112	1
26	73	550	468	97	0,6

Tabel D. 1. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂, variasi tanpa injeksi uap (batang kayu cemara gunung)

Tanpa Injeksi Uap (Batang Kayu Cemara Gunung)						
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	79	757	667	0,1	750	2053
2	95	784	709	0,6	606	1896
3	82	847	720	1,1	695	1955
4	91	866	735	1	644	1793
5	88	826	729	0,9	641	1996
6	92	807	636	0,9	667	1925
7	100	783	697	1	690	1938
8	98	757	667	1	684	1911
9	87	779	672	0,9	655	1956
10	96	731	670	0,8	645	1993
11	93	710	624	0,8	647	1903
12	92	698	636	0,8	623	1991
13	91	677	597	0,9	596	1757
14	72	663	539	1,1	402	1125
15	64	635	369	1	305	914
16	54	529	205	0,9	237	787

Tabel D. 2. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂, variasi injeksi uap *over-fire* (batang kayu cemara gunung)

Injeksi Uap <i>Over-fire</i> (Batang Kayu Cemara Gunung)							
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	T. Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	70	401	565	69	0,4	1720	4218
2	61	436	551	84	0,8	1901	4556
3	103	418	670	96	2,1	1897	4652
4	100	437	609	100	3,4	1919	4623
5	101	467	447	100	4,2	1793	4367
6	103	575	439	102	4,5	1736	4256
7	99	602	460	102	5,2	1691	4139
8	104	626	470	103	5,7	1585	4047
9	106	644	435	102	6,5	1583	3966
10	104	586	410	102	5,9	1584	3970
11	104	572	380	99	4,5	1373	3489
12	101	532	378	96	2	948	2950

Tabel D. 3. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂, variasi injeksi uap *under-fire* (batang kayu cemara gunung)

Injeksi Uap <i>Under-fire</i> (Batang Kayu Cemara Gunung)							
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	T. Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	70	431	644	38	0,1	1004	2662
2	75	408	620	45	0,6	1050	2688
3	82	394	506	68	0,8	1206	3165
4	84	392	502	71	1	1211	3192
5	65	410	484	83	0,8	1268	3233
6	77	424	448	93	0,7	1138	2968
7	64	453	399	98	0,7	1223	3030
8	78	428	400	100	0,8	1023	2715
9	80	439	401	100	0,8	1027	2704
10	81	618	429	100	0,9	1049	2638
11	75	642	385	100	0,9	1210	2886
12	83	640	392	100	0,9	1257	2984
13	95	629	425	100	0,8	1264	2425
14	96	631	437	100	0,8	1333	3025
15	90	637	465	100	0,8	1366	2973
16	88	639	469	100	0,9	1329	3122
17	92	665	448	100	0,8	1330	3164
18	79	662	439	100	0,9	1123	3255
19	79	651	440	100	1	1229	3301
20	76	659	430	100	1,1	1255	3356
21	75	621	416	100	0,9	1258	3210
22	71	592	401	95	0,9	1237	3221

Tabel E. 1. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂ variasi tanpa injeksi uap (tempurung kelapa)

Tanpa Injeksi Uap (Tempurung Kelapa)						
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	80	524	521	0,5	910	2747
2	84	517	527	0,7	922	2755
3	95	607	578	0,9	978	2791
4	95	609	562	0,9	1036	2966
5	98	617	575	0,8	1204	3070
6	99	631	499	0,8	1224	3334
7	96	624	492	0,8	1282	3403
8	97	615	503	0,8	1365	3300
9	98	594	508	0,9	1280	3325
10	97	572	519	0,9	1291	3342
11	95	595	546	0,9	1300	3260
12	92	601	537	1	1270	3271
13	89	603	541	1,1	1305	3285
14	96	620	548	0,9	1293	3327
15	99	595	471	0,9	1298	3316
16	93	601	469	0,9	1297	3229
17	85	605	432	0,9	1289	2912
18	79	610	411	0,8	1157	2903

Tabel E. 2. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂ variasi injeksi uap *over-fire* (tempurung kelapa)

Injeksi Uap <i>Over-fire</i> (Tempurung Kelapa)							
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	T. Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	32	180	626	40	0,1	1446	3701
2	38	294	661	64	0,7	1516	3980
3	89	307	644	92	0,8	1425	3991
4	96	593	640	95	1,1	1861	4537
5	101	595	521	100	2	1848	4375
6	100	586	498	100	3,1	1903	4637
7	104	600	407	100	3,9	1923	4693
8	101	587	309	100	4,6	1867	4538
9	101	619	320	104	5,2	1661	4051
10	98	576	301	100	6,1	1450	3545
11	91	564	332	100	7	1308	3129
12	80	551	257	100	5,4	1364	3446
13	80	483	227	96	2,8	1390	3511

Tabel E. 3. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂ injeksi uap *under-fire* (tempurung kelapa)

Injeksi Uap <i>Under-fire</i> (Tempurung Kelapa)							
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	T. Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	75	427	641	30	0,1	1659	4142
2	86	430	650	67	0,1	1660	4344
3	88	427	655	73	0,4	1791	4152
4	95	533	625	94	0,5	1758	4542
5	99	542	637	98	0,8	1848	4603
6	94	548	619	100	0,9	1883	4687
7	98	596	573	100	1,1	1853	4644
8	99	570	563	100	0,8	1860	4549
9	93	585	557	100	0,7	1842	4432
10	86	579	456	100	1	1809	4416
11	97	550	416	100	1	1889	4585
12	99	546	407	100	0,9	1880	4556
13	93	550	388	100	1	1875	4520
14	95	575	372	100	0,8	1884	4560
15	96	555	385	100	0,7	1875	4571
16	99	572	389	100	0,7	1880	4580
17	98	556	386	100	0,8	1872	4671
18	94	584	390	100	0,9	1892	4581
19	97	572	458	100	1	1858	4510
20	92	563	487	100	0,9	1767	4453
21	87	431	456	100	1	1725	4309
22	85	376	343	99	0,8	1724	4240
23	85	325	273	95	0,9	1723	4187

Tabel F. 1. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂, variasi tanpa injeksi uap (cangkang biji kemiri)

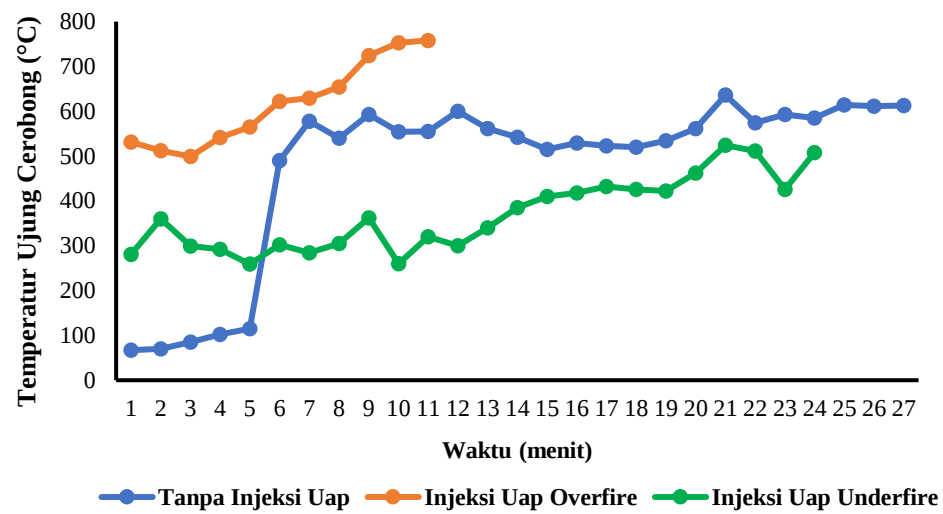
Tanpa Injeksi Uap (Cangkang Biji Kemiri)						
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	45	582	456	0,1	553	1214
2	48	585	453	0,1	573	1245
3	61	587	443	0,7	601	1525
4	59	596	436	0,6	636	1588
5	79	594	422	0,7	590	1777
6	82	567	435	0,7	668	1721
7	79	569	438	0,5	617	1762
8	75	572	453	0,7	845	2355
9	77	571	451	0,8	867	2468
10	90	565	435	0,7	1071	2605
11	88	564	433	0,8	1062	2569
12	83	563	441	0,9	1007	2589
13	85	510	447	0,8	930	2484
14	87	456	451	0,8	987	2348
15	89	455	450	0,9	946	1963
16	79	447	454	0,8	935	2009
17	84	448	471	0,8	921	2017
18	81	429	444	0,8	956	1973
19	75	430	421	0,6	813	1521

Tabel F. 2. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂, injeksi uap *over-fire* (cangkang biji kemiri)

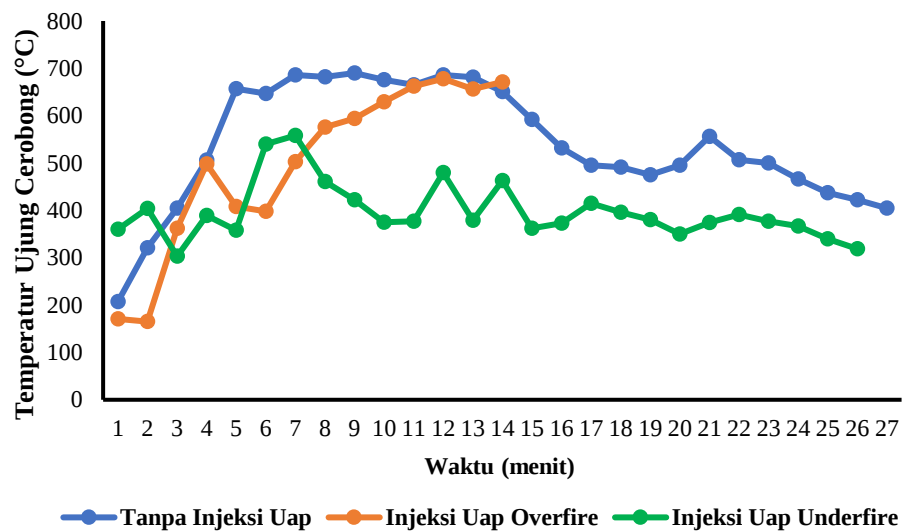
Injeksi Uap <i>Over-fire</i> (Cangkang Biji Kemiri)							
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	T. Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	35	544	435	47	0,1	463	1737
2	59	548	401	75	0,4	683	1943
3	91	537	427	93	0,7	892	2519
4	96	538	311	98	0,9	1077	2813
5	86	535	290	100	0,9	1017	2717
6	94	539	295	100	1,3	1028	2731
7	95	550	378	100	1,5	1013	2670
8	89	549	379	100	2	1018	2393
9	91	542	371	100	3,2	998	2476
10	85	548	332	100	3,4	1073	2864
11	80	579	335	100	3,8	1062	2784
12	83	541	337	100	4,1	1033	2738
13	80	568	253	100	4,6	1042	2787
14	82	555	263	100	4,7	1070	2614
15	84	549	253	100	3,8	1041	2744
16	83	533	254	100	2,7	1006	2781

Tabel F. 3. Rekapitulasi hasil pengujian emisi CO dan CO₂, injeksi uap *under-fire* (cangkang biji kemiri)

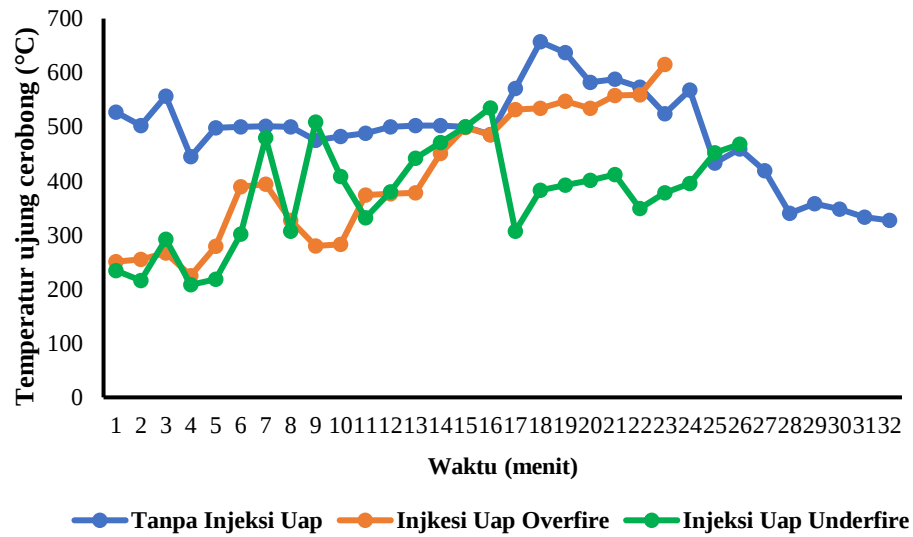
Injeksi Uap <i>Under-fire</i> (Cangkang Biji Kemiri)							
Waktu (Menit)	T. Sungkup (°C)	T. Ruang Bakar (°C)	T. Ujung Cerobong (°C)	T. Air Injeksi (°C)	Kecepatan Udara Masuk	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	67	537	511	35	0,1	286	1054
2	82	451	518	63	0,7	535	1653
3	83	472	523	72	0,8	543	1667
4	87	443	550	85	0,7	548	1700
5	85	457	571	94	0,7	742	1953
6	83	435	565	100	0,8	791	1972
7	88	434	589	100	0,9	847	1923
8	86	420	635	100	0,9	745	2074
9	80	392	564	100	0,8	735	2061
10	78	484	482	100	0,9	838	2337
11	77	517	374	100	1	848	2397
12	81	509	352	100	0,9	852	2353
13	93	417	396	100	0,9	848	2304
14	87	413	325	100	1	851	2364
15	89	427	282	100	0,8	903	2487
16	82	453	249	100	0,8	905	2375
17	79	434	252	100	0,8	934	2508
18	76	439	265	100	0,9	945	2544
19	83	394	382	100	0,9	925	2531
20	84	386	405	100	0,8	906	2557
21	92	442	423	100	0,9	910	2521
22	98	509	572	100	0,9	895	2501
23	99	585	435	100	0,7	670	2432
24	99	600	433	100	0,7	628	2013
25	84	595	420	96	0,3	693	2044



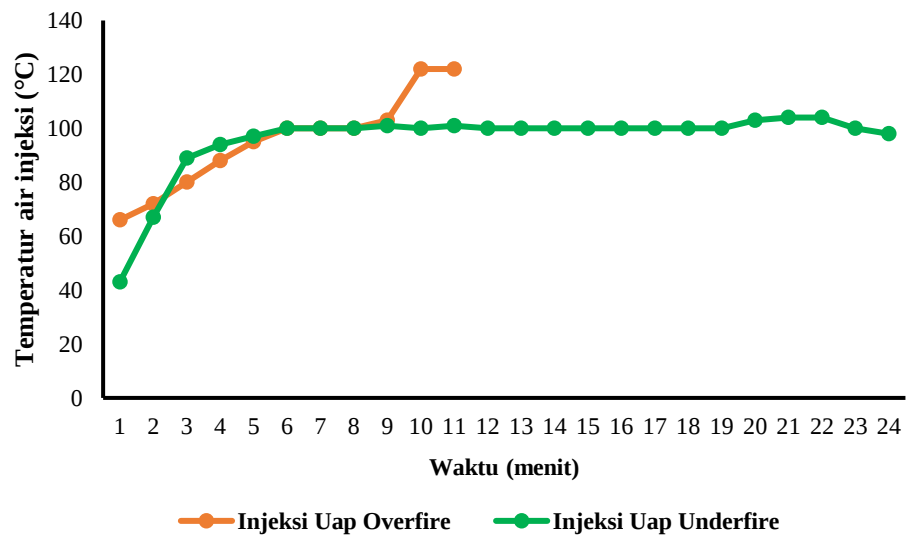
Gambar A. 1 Grafik temperatur pada ujung cerobong untuk bahan bakar batang kayu cemara gunung



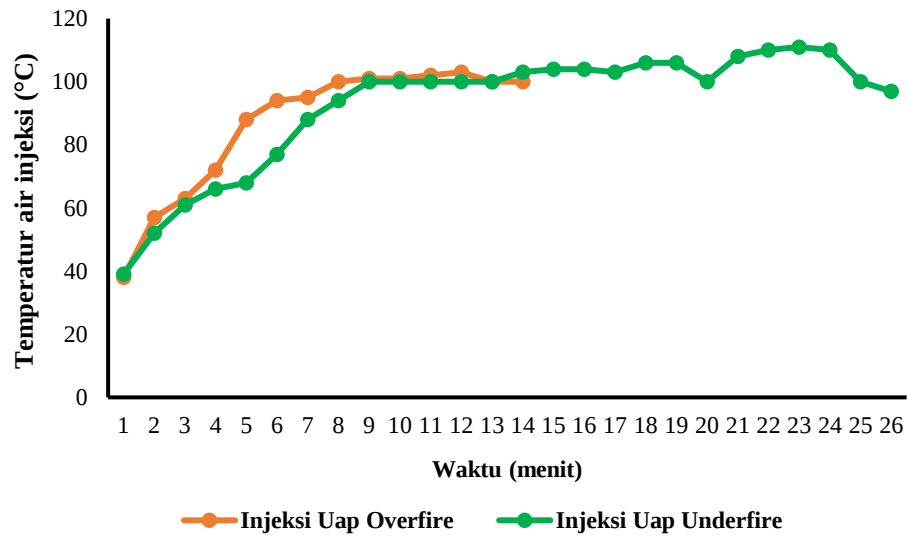
Gambar A. 2 Grafik temperatur pada ujung cerobong untuk bahan bakar tempurung kelapa



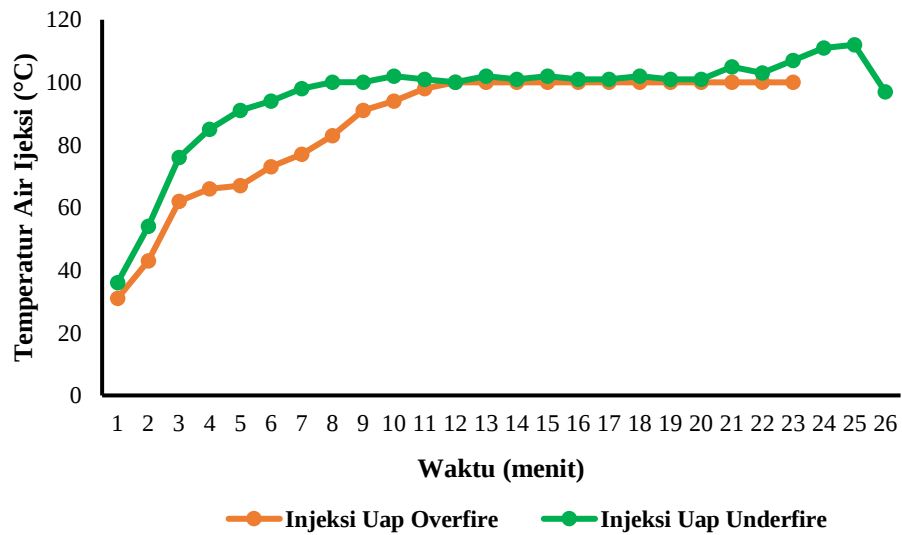
Gambar A. 3 Grafik temperatur pada ujung cerobong untuk bahan bakar cangkang biji kemiri



Gambar A. 4 Grafik temperatur air injeksi untuk bahan bakar batang kayu cemara gunung

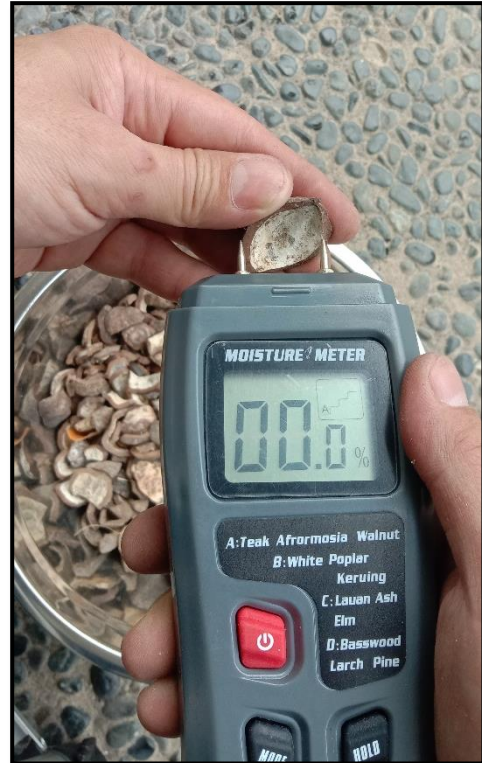


Gambar A. 5 Grafik temperatur air injeksi untuk bahan bakar tempurung kelapa



Gambar A. 6 Grafik temperatur air injeksi untuk bahan bakar cangkang biji kemiri

Pengukuran Kadar Air Bahan Bakar

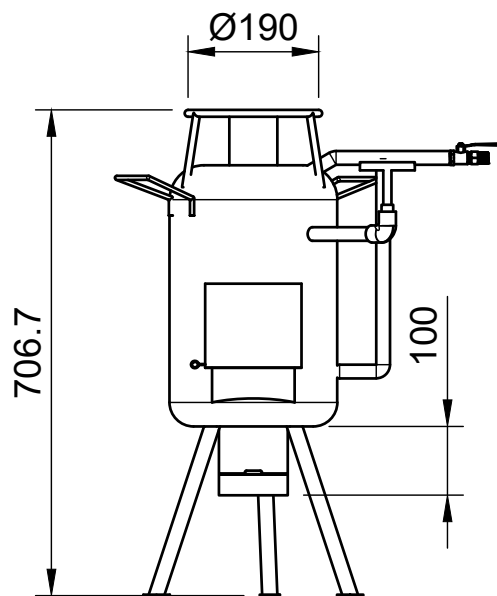
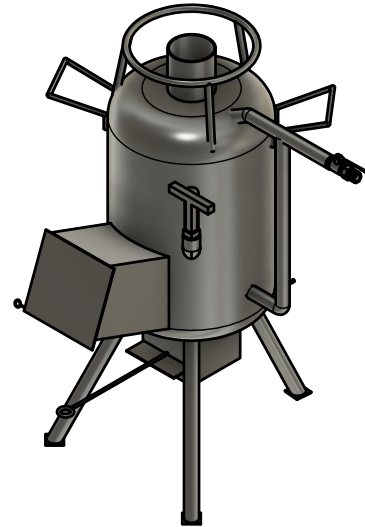
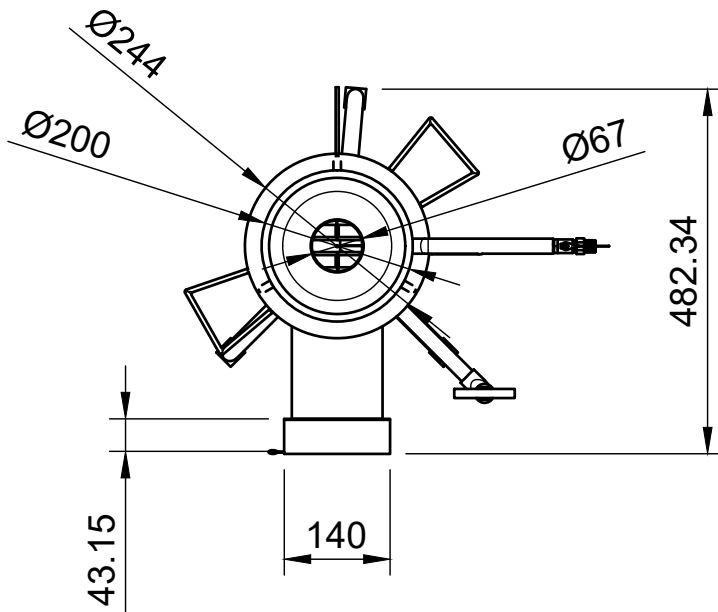


Kalibrasi Termokopel Pada Temperatur Beku Dan Pada Temperatur Didih

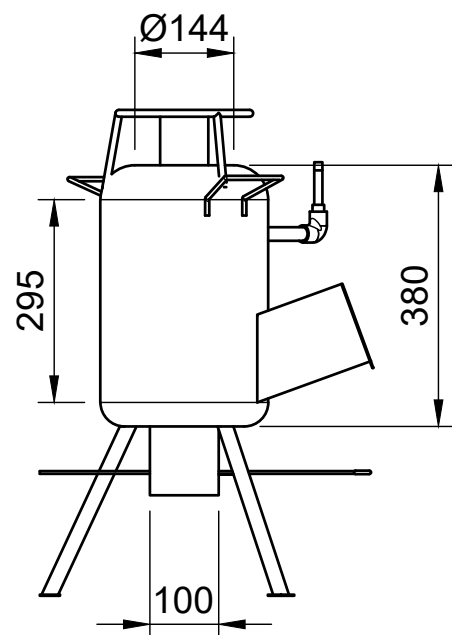




Tampak Atas

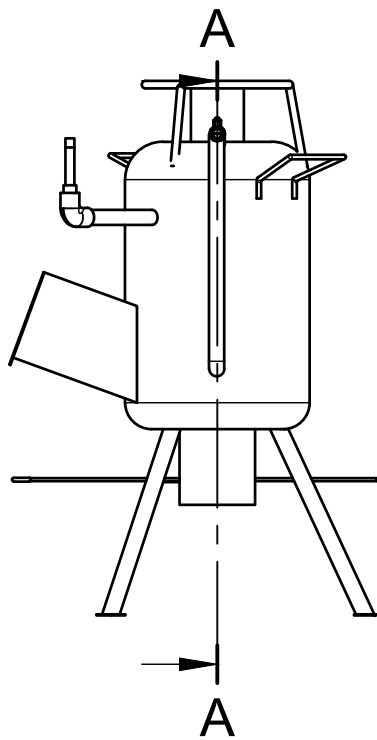


Tampak Depan

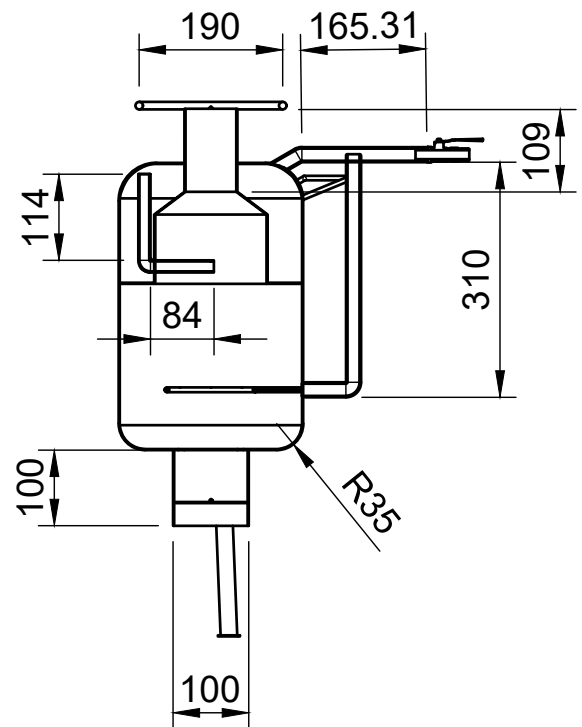


Tampak Samping

Dept. Teknik Mesin	Technical reference Fakultas Teknik	Created by Topan Limbongallo	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Tungku Biomassa	DWG No.		
		Material: Carbon Steel	Rev.	Date of issue	Sheet

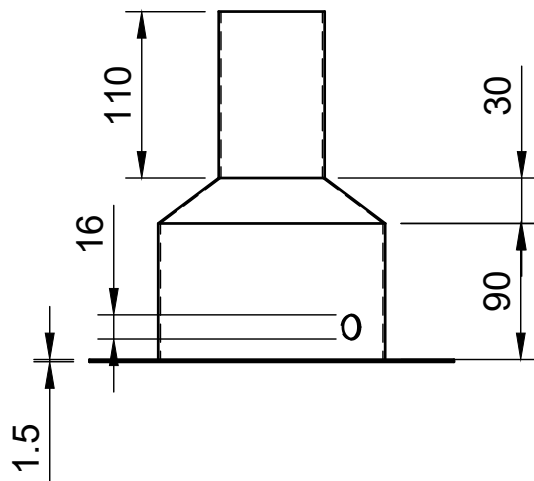
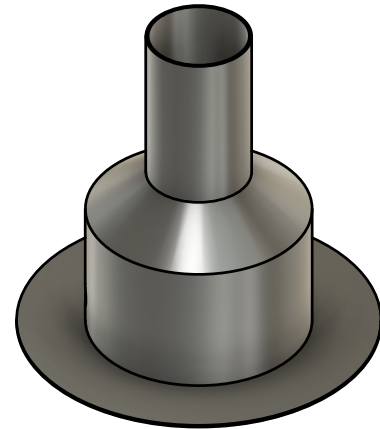
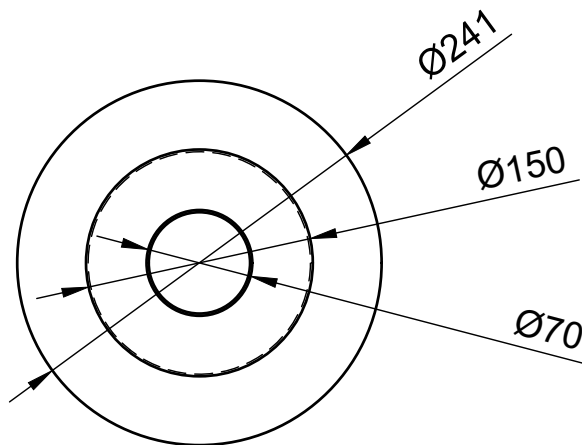


A-A (1:10)

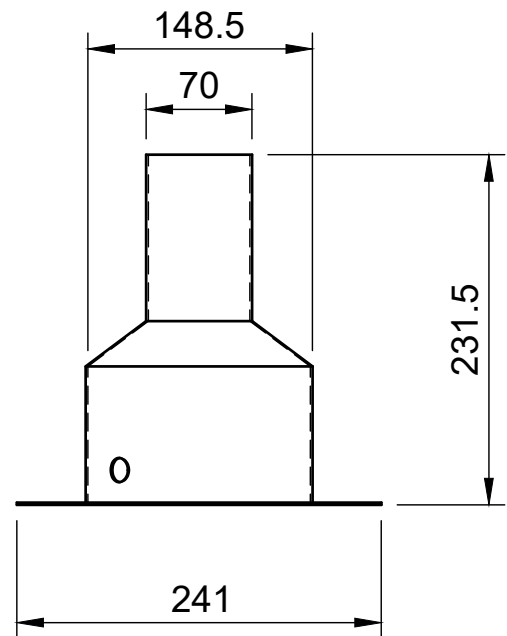


Dept. Teknik Mesin	Technical reference Fakultas Teknik	Created by Topan Limbongallo	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Tungku Biomassa	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/2

Tampak Atas



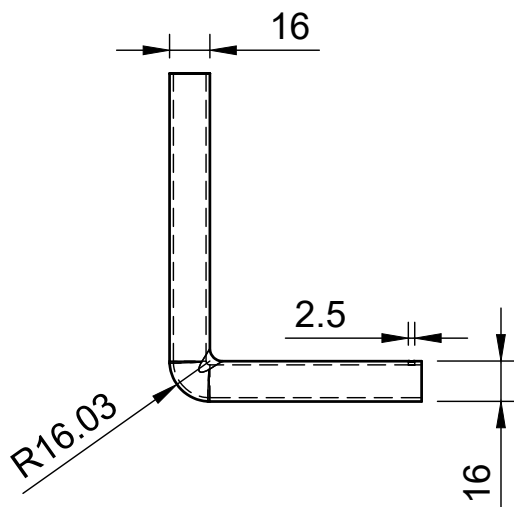
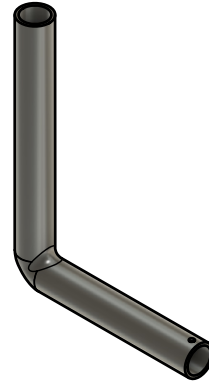
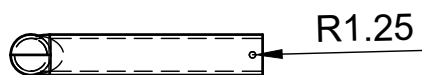
Tampak Samping



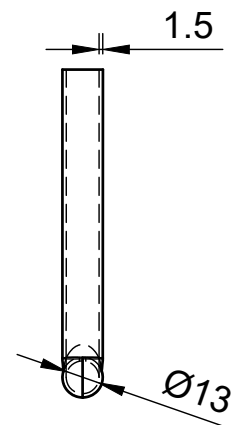
Tampak Depan

Dept. Teknik Mesin	Technical reference Fakultas Teknik	Created by Topan Limbongallo	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Saluran Cerobong Api	DWG No.		
		Material: Carbon Steel	Rev.	Date of issue	Sheet

Tampak Atas



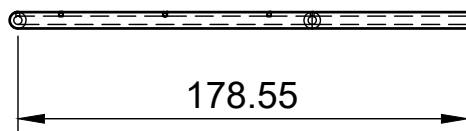
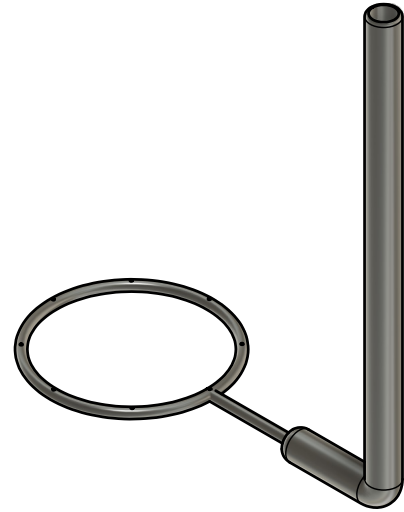
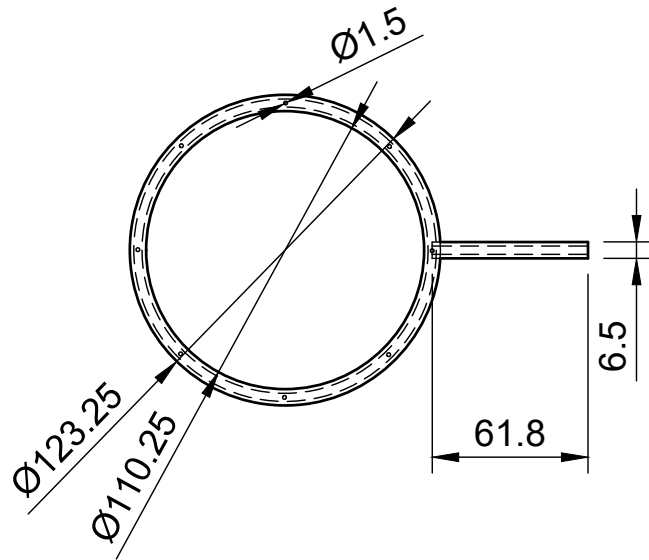
Tampak Depan



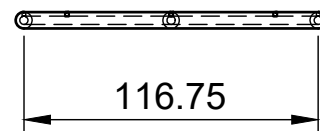
Tampak Samping

Dept. Teknik Mesin	Technical reference Fakultas Teknik	Created by Topan Limbongallo	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Injektor Over Fire	DWG No.		
		Material: Carbon Steel	Rev.	Date of issue	Sheet

Tampak Atas



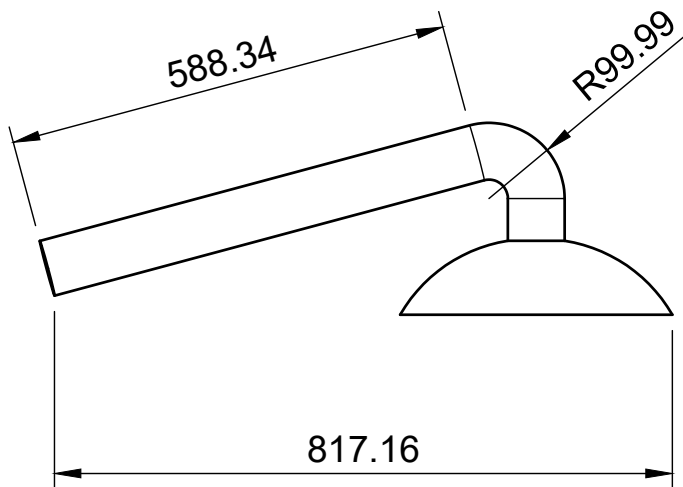
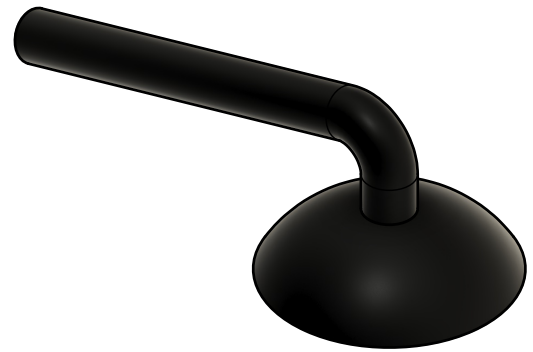
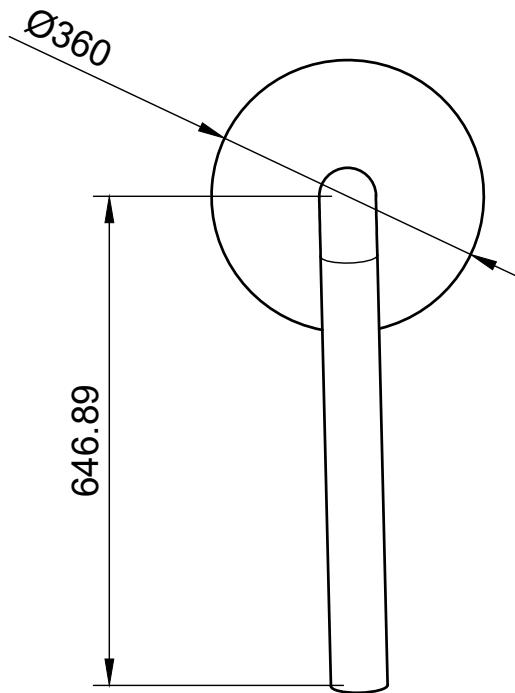
Tampak Depan



Tampak Samping

Dept. Teknik Mesin	Technical reference Fakultas Teknik	Created by Topan Limbongallo	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Injektor Under Fire	DWG No.		
		Material: Copper	Rev.	Date of issue	Sheet

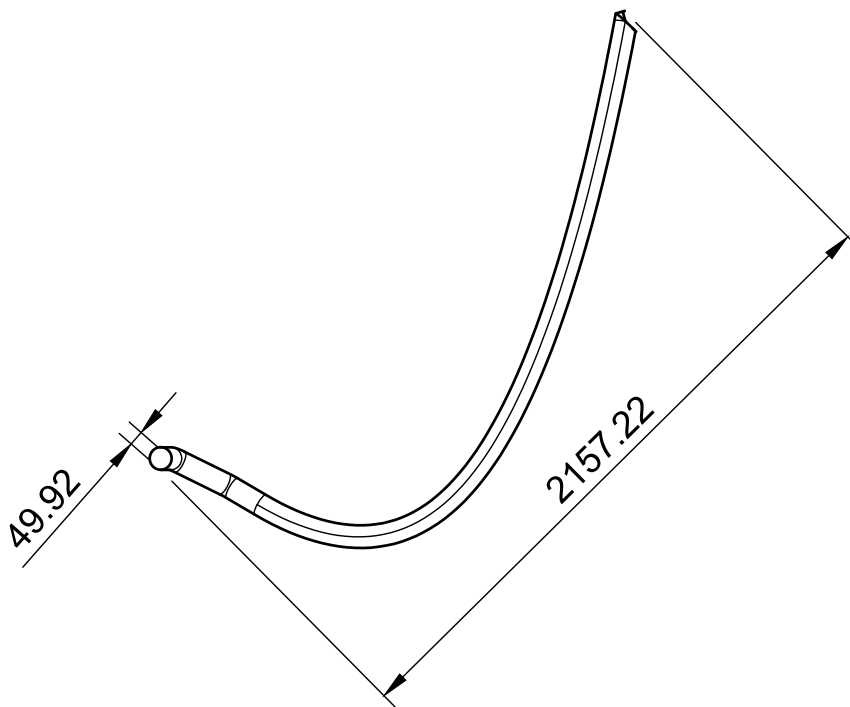
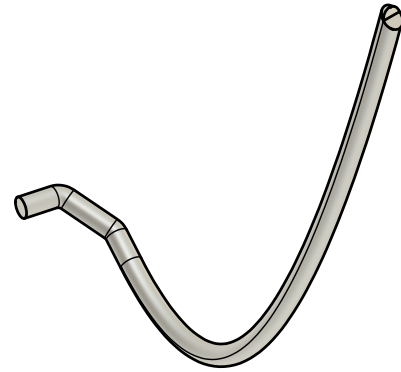
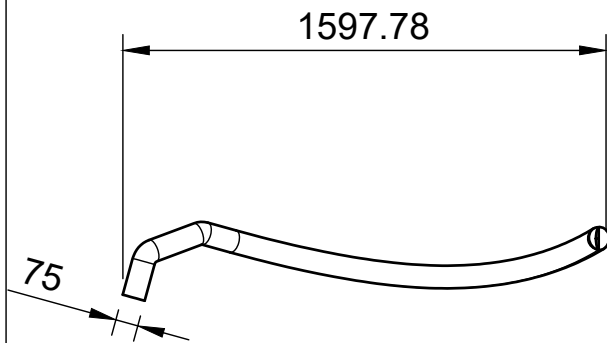
Tampak Atas



Tampak Depan

Dept. Teknik Mesin	Technical reference Fakultas Teknik	Created by Topan Limbongallo	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Sungkup Asap	DWG No.		
		Material: Stainless Steel and PVC	Rev.	Date of issue	Sheet

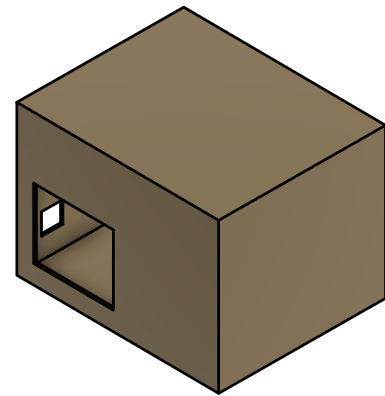
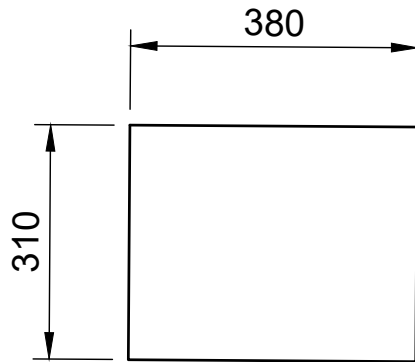
Tampak Atas



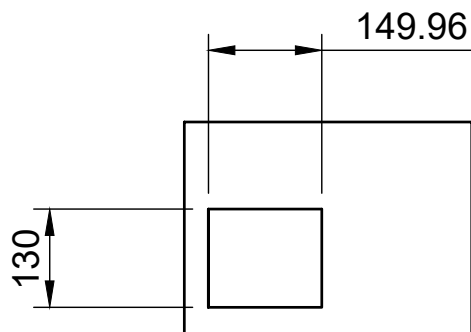
Tampak Depan

Dept. Teknik Mesin	Technical reference Fakultas Teknik	Created by Topan Limbongallo	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Selang Fleksible	DWG No.		
		Material: Aluminium Foil	Rev.	Date of issue	Sheet

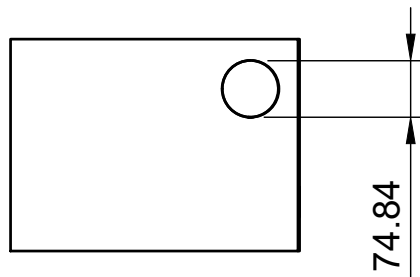
Tampak Atas



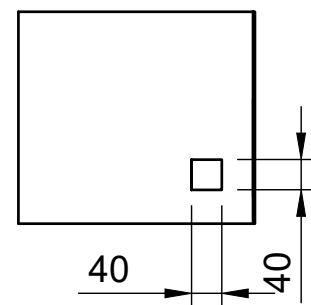
Tampak Depan



Tampak Belakang



Tampak Samping



Dept. Teknik Mesin	Technical reference Fakultas Teknik	Created by Topan Limbongallo	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Kotak Pengumpul Asap	DWG No.		
		Material: Cardboard	Rev.	Date of issue	Sheet