

Lampiran 5. Data Hasil Perhitungan Rata-rata Pengujian Motor Bakar 6 Langkah (bahan bakar Premium 88)

n Poros (rpm)	F (kg)	Td (kg.m)	Tc (kg.m)	P (hp)	Fc (kg/h)	SFCe (kg/hp.h)	$\eta_{te}$ (%)	CO <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)
2800	32	9	0,63	2,47	0,84	0,2878	13,40	23,66	4,30	7,34	55,12
3200	36	10	0,68	3,03	1,06	0,3683	16,26	45,08	9,66	7,08	63,88
3600	31	9	0,61	3,07	1,07	0,3773	16,39	35,16	8,56	4,98	59,84
4000	27	8	0,56	3,10	1,09	0,3812	16,24	31,32	3,20	7,88	57,36
4400	24	7	0,49	3,01	1,11	0,3993	15,48	21,00	12,56	3,54	74,3
4800	19	6	0,42	2,79	1,15	0,4503	13,89	30,00	4,20	3,28	76,6
5200	16	5	0,36	2,58	1,21	0,5074	12,32	46,28	5,68	3,72	82,22
5600	13	4	0,29	2,31	1,27	0,5828	10,49	22,10	10,82	9,88	64,64
6000	10	4	0,24	2,00	1,29	0,6681	8,91	22,68	5,20	5,16	71,64
6400	7	3	0,19	1,70	1,39	0,8389	6,93	27,96	9,70	4,88	81,2
6800	4	2	0,15	1,41	1,49	1,1019	5,41	30,42	6,66	3,76	76,68
7200	1	2	0,11	1,12	1,57	1,6575	4,09	25,06	3,90	2,54	85,42

Lampiran 6. Data Hasil Perhitungan Rata-rata Pengujian Motor Bakar 6 Langkah (bahan bakar Pertamina 92)

n Poros (rpm)	Fav (kg)	TdAV (kg.m)	TcAV (kg.m)	PAV (hp)	FcAV (kg/h)	SFCeAV (kg/hp.h)	$\eta_{teAV}$ (%)	CO <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)
2800	33	10	0,64	2,50	0,48	0,1586	22,29	4,44	13,1	7,34	55,12
3200	38	11	0,70	3,11	0,63	0,2099	26,36	20,64	8,40	7,08	63,88
3600	35	10	0,64	3,21	0,66	0,2133	26,01	26,70	8,48	4,98	59,84
4000	32	9	0,60	3,33	0,70	0,2167	25,58	27,28	7,48	7,88	57,36
4400	28	8	0,53	3,27	0,74	0,2320	23,86	17,88	4,28	3,54	74,30
4800	24	7	0,47	3,16	0,77	0,2563	21,97	15,58	4,54	3,28	76,60
5200	22	7	0,43	3,12	0,82	0,2783	20,35	11,64	2,42	3,72	82,22
5600	19	6	0,38	3,00	0,88	0,3061	18,44	22,64	2,84	9,88	64,64
6000	17	6	0,35	2,95	0,93	0,3242	17,06	15,44	7,76	5,16	71,64
6400	12	4	0,27	2,39	0,99	0,4322	13,00	11,40	2,52	4,88	81,20
6800	6	3	0,18	1,70	1,06	0,6558	8,63	15,76	3,80	3,76	76,68
7200	2	2	0,12	1,24	1,14	1,0296	5,78	7,56	4,48	2,54	85,42

Lampiran 7. Data Hasil Perhitungan Rata-rata Pengujian Motor Bakar 6 Langkah (bahan bakar Pertalite90)

n Poros (rpm)	Fav (kg)	TdAV (kg.m)	TcAV (kg.m)	PAV (hp)	FcAV (kg/h)	SFCeAV (kg/hp.h)	$\eta_{teAV}$ (%)	CO <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)
2800	41	12	0,72	2,83	0,62	0,22	24,62	14,48	3,54	2,42	79,56
3200	38	11	0,68	3,03	0,60	0,20	27,15	4,34	6,34	2,40	86,92
3600	34	10	0,61	3,08	0,62	0,21	26,68	3,54	3,38	2,24	90,84
4000	29	9	0,54	3,03	0,64	0,22	25,52	5,26	3,70	2,20	88,84
4400	25	8	0,48	2,96	0,63	0,22	25,00	6,84	5,58	4,56	83,02
4800	21	7	0,43	2,88	0,66	0,24	23,42	8,66	3,30	3,64	84,40
5200	18	6	0,37	2,71	0,69	0,27	21,04	8,52	4,14	3,60	83,74
5600	14	5	0,31	2,43	0,72	0,31	18,09	6,32	2,22	2,56	88,90
6000	10	4	0,25	2,09	0,76	0,39	14,60	14,46	5,18	2,92	77,44
6400	5	3	0,17	1,53	0,81	0,54	10,11	5,98	3,42	3,48	87,12
6800	3	2	0,13	1,27	0,85	0,71	7,93	4,20	2,86	3,10	89,84
7200	1	2	0,12	1,17	0,89	0,87	6,97	4,28	1,70	4,82	89,20

Lampiran 8. Data Hasil Perhitungan Rata-rata Pengujian Motor Bakar 6 Langkah (bahan bakar Pertamina Plus 95)

n Poros (rpm)	Fav (kg)	TdAV (kg.m)	TcAV (kg.m)	PAV (hp)	FcAV (kg/h)	SFCeAV (kg/hp.h)	$\eta_{teAV}$ (%)	CO <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)
2800	38	11	0,69	2,69	0,60	0,23	23,35	10,80	7,16	3,16	78,88
3200	34	10	0,63	2,83	0,62	0,23	23,78	11,16	5,80	6,04	77,00
3600	31	9	0,59	2,98	0,64	0,23	23,98	5,04	7,12	6,08	81,76
4000	27	8	0,55	3,07	0,67	0,23	23,83	5,84	5,96	5,08	83,12
4400	24	7	0,49	2,99	0,69	0,24	22,47	7,16	6,76	7,08	79,00
4800	20	6	0,44	2,94	0,72	0,27	20,94	10,52	3,72	3,68	82,08
5200	17	6	0,38	2,79	0,76	0,30	18,72	9,00	4,12	1,60	85,28
5600	13	5	0,33	2,57	0,82	0,36	15,99	11,16	7,76	1,52	79,56
6000	9	4	0,26	2,21	0,88	0,48	12,57	10,64	4,00	3,40	81,96
6400	6	3	0,20	1,82	0,94	0,65	9,65	11,00	5,16	1,20	82,64
6800	2	2	0,13	1,28	0,98	0,86	6,65	15,76	6,00	6,36	71,88
7200	1	1	0,06	0,56	0,99	0,32	2,87	19,92	5,88	3,08	71,12

Lampiran 1. Data Pengujian Motor Bakar 6 Langkah dengan Bahan Bakar Pertalite 90

n Poros (rpm)	F1 (kg)	F2 (kg)	F3 (kg)	F4 (kg)	Fav (kg)	Td1 (kg.m)	Td2 (kg.m)	Td3 (kg.m)	Td4 (kg.m)	TdAV (kg.m)	Tc1 (kg.m)	Tc2 (kg.m)	Tc3 (kg.m)	Tc4 (kg.m)	TcAV (kg.m)
2800	67,0	46,3	45,4	30,0	41,2	18,1	12,9	12,7	8,8	11,6275	0,617	0,6539	0,8292	0,846	0,723
3200	60,0	43,3	45,3	26,8	38,3	16,3	12,1	12,6	8,0	10,8825	0,557	0,6158	0,8251	0,768	0,678
3600	52,3	39,3	42,8	22,8	34,1	14,4	11,1	12,0	7,0	9,845	0,491	0,5651	0,7843	0,672	0,613
4000	43,5	35,0	36,8	19,5	29,4	12,2	10,1	10,5	6,2	8,6575	0,416	0,5111	0,6863	0,594	0,543
4400	35,8	29,0	32,5	16,5	25	10,3	8,6	9,4	5,4	7,57	0,35	0,435	0,6169	0,522	0,482
4800	26,0	24,8	28,3	14,3	20,9	7,8	7,5	8,4	4,9	6,545	0,267	0,3811	0,5475	0,468	0,43
5200	21,0	22,0	24,8	12,0	17,6	6,6	6,8	7,5	4,3	5,7075	0,224	0,3462	0,4904	0,414	0,373
5600	17,0	17,3	19,3	9,3	13,8	5,6	5,6	6,1	3,6	4,7575	0,19	0,2859	0,4006	0,348	0,311
6000	12,5	13,5	14,8	6,0	10,1	4,4	4,7	5,0	2,8	3,8325	0,152	0,2383	0,3271	0,27	0,249
6400	8,8	9,0	5,5	2,3	5,4	3,5	3,6	2,7	1,9	2,67	0,12	0,1812	0,176	0,181	0,171
6800	5,5	3,0	4,0	0,8	2,8	2,7	2,1	2,3	1,5	2,02	0,092	0,1051	0,1515	0,145	0,134
7200	2,3	1,0	2,0	0,0	1,15	1,9	1,6	1,8	1,6	1,6075	0,064	0,0797	0,1189	0,151	0,117

n Poros (rpm)	P1 (hp)	P2 (hp)	P3 (hp)	P4 (hp)	PAV (hp)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	FcAV (kg/h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCeAV (kg/hp.h)
2800	2,4	2,6	3,2	3,3	2,83	0,5564	0,58	0,57	0,69	0,6171	0,2309	0,2274	0,1761	0,2091	0,221
3200	2,5	2,8	3,7	3,4	3,03	0,5822	0,59	0,59	0,6	0,5977	0,2341	0,2157	0,1594	0,1749	0,202
3600	2,5	2,8	3,9	3,4	3,08	0,5964	0,63	0,61	0,62	0,6187	0,2419	0,2206	0,1536	0,1831	0,206
4000	2,3	2,9	3,8	3,3	3,03	0,6134	0,64	0,63	0,63	0,6367	0,2640	0,2247	0,1633	0,1895	0,216
4400	2,1	2,7	3,8	3,2	2,96	0,6336	0,64	0,66	0,62	0,6332	0,2948	0,2414	0,1738	0,1942	0,221
4800	1,8	2,6	3,7	3,1	2,88	0,6584	0,66	0,69	0,64	0,6580	0,3683	0,2592	0,1887	0,2041	0,243
5200	1,6	2,5	3,6	3,0	2,71	0,6826	0,7	0,73	0,66	0,6875	0,4195	0,2770	0,2053	0,2184	0,271
5600	1,5	2,2	3,1	2,7	2,43	0,7013	0,73	0,77	0,69	0,7178	0,4721	0,3253	0,2475	0,2549	0,313
6000	1,3	2,0	2,7	2,3	2,09	0,7501	0,75	0,81	0,73	0,7622	0,5906	0,3753	0,2961	0,3240	0,388
6400	1,1	1,6	1,6	1,6	1,53	0,7862	0,79	0,86	0,77	0,8095	0,7354	0,4872	0,5480	0,4805	0,544
6800	0,9	1,0	1,4	1,4	1,27	0,8363	0,83	0,88	0,84	0,8548	0,9582	0,8322	0,6149	0,6095	0,708
7200	0,6	0,8	1,2	1,5	1,17	0,8786	0,86	0,92	0,88	0,8948	1,3611	1,0778	0,7707	0,5807	0,867



n Poros (rpm)	$\eta_{te}$ (%)	$\eta_{te}$ (%)	$\eta_{te}$ (%)	$\eta_{te}$ (%)	$\eta_{teAV}$ (%)	CO <sub>2</sub> (% vol)	CO <sub>2</sub> (% vol)	CO <sub>2</sub> (% vol)	CO <sub>2</sub> (% vol)	CO <sub>2</sub> AV (% vol)	O <sub>2</sub> (% vol)	O <sub>2</sub> (% vol)	O <sub>2</sub> (% vol)	O <sub>2</sub> (% vol)	O <sub>2</sub> AV (% vol)
2800	23,17	23,53	30,39	25,58	24,62	3,2	8	5,8	3,6	4,48	2,8	1,8	3,6	0,6	3,5
3200	22,86	24,81	33,57	30,6	27,15	7,6	5,8	3,4	1,2	4,34	5,8	6,4	0,6	18	6,3
3600	22,12	24,26	34,84	29,22	26,68	6,4	4,4	2,4	2,8	3,54	5,8	1,8	2,6	0,8	3,4
4000	20,26	23,81	32,77	28,24	25,52	7,4	5,4	4,2	6	5,26	3,8	3,4	8,6	0,8	3,7
4400	18,15	22,16	30,79	27,56	25	6,8	4	19	1,6	6,84	3	1	4,4	4	5,6
4800	14,53	20,65	28,35	26,21	23,42	8,8	9,2	2,4	19,2	8,66	1,2	3,8	5,4	1,6	3,3
5200	12,75	19,32	26,06	24,5	21,04	4,6	27,2	1,8	4,4	8,52	2,6	5	8,2	0,6	4,1
5600	11,33	16,45	21,62	20,99	18,09	2,8	2,8	3	18,8	6,32	0,4	1,6	1,8	1,6	2,2
6000	9,06	14,26	18,07	16,52	14,6	1,6	3,6	18,6	20,4	9,06	1,6	5	5,2	0,8	5,2
6400	7,275	10,98	9,763	11,13	10,11	9,4	9,8	6,2	2,4	5,98	0,8	2,6	1,6	2,2	3,4
<b>6800</b>	<b>5,584</b>	<b>6,43</b>	<b>8,701</b>	<b>8,779</b>	<b>7,93</b>	<b>9,6</b>	<b>2,4</b>	<b>5,6</b>	<b>1,6</b>	<b>4,2</b>	<b>5,2</b>	<b>2,6</b>	<b>1,4</b>	<b>2,4</b>	<b>2,9</b>
7200	3,931	4,964	6,943	9,215	6,97	5,4	4,2	2,4	2,4	3,88	1,8	2	2,2	1,8	1,7

n Poros (rpm)	CO (% vol)	CO (% vol)	CO (% vol)	CO (% vol)	COAV (% vol)	N <sub>2</sub> (% vol)	N <sub>2</sub> (% vol)	N <sub>2</sub> (% vol)	N <sub>2</sub> (% vol)	N <sub>2</sub> AV (% vol)
2800	0,4	2	4	4,2	2,42	63,6	88,2	66,6	91,6	79,6
3200	0,8	3	2,2	4	2,4	85,8	84,8	93,8	76,4	86,9
3600	1,8	3	1,6	2,6	2,24	86	90,8	93,4	93,8	90,8
4000	1,4	3	2,8	3	2,2	87,4	88,2	84,4	90,2	88,8
4400	1	8,7	9,4	3	4,56	89,2	86,3	67,2	91,4	83
4800	1,4	4,2	0,8	7,8	3,64	88,6	82,8	91,4	71,4	84,4
5200	2,2	0,6	8,6	3,4	3,6	90,6	67,2	81,4	91,6	83,7
5600	2,8	4	4,4	1,4	2,56	94	91,6	90,8	78,2	88,9
6000	2,6	0,2	5,2	2,2	2,92	94,2	64,2	71	76,6	77,4
6400	2,8	2	4,2	7,4	3,48	87	85,6	88	88	87,1
<b>6800</b>	<b>3,8</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>3,6</b>	<b>3,1</b>	<b>81,4</b>	<b>92,6</b>	<b>90,6</b>	<b>92,4</b>	<b>89,8</b>
7200	1,8	4	3,6	2,8	2,82	87	89,8	91,8	93	89,2

Lampiran 2. Data Pengujian Motor Bakar 6 Langkah dengan Bahan Bakar Premium 88

n Poros (rpm)	F1 (kg)	F2 (kg)	F3 (kg)	F4 (kg)	Fav (kg)	Td1 (kg.m)	Td2 (kg.m)	Td3 (kg.m)	Td4 (kg.m)	TdAV (kg.m)	Tc1 (kg.m)	Tc2 (kg.m)	Tc3 (kg.m)	Tc4 (kg.m)	TcAV (kg.m)
2800	59,0	0,0	39,0	31,6	31,7	16,07	off	11,1	9,2	5907,4	0,548	0	0,7231	0,885	0,63
3200	54,8	38,3	31,5	28,3	35,8	15,008	10,9	9,2	8,4	2845,4	0,512	0,5524	0,6006	0,804	0,68
3600	42,0	34,0	28,8	25,0	30,8	11,82	9,82	8,51	7,6	3153,6	0,403	0,4985	0,5557	0,726	0,61
4000	37,0	30,5	25,6	23,5	27,5	10,57	8,95	7,73	7,2	6133,7	0,361	0,454	0,5047	0,69	0,56
4400	32,5	26,8	22,8	20,0	23,8	9,445	8,01	7,01	6,3	7612,5	0,322	0,4065	0,4577	0,606	0,49
4800	25,8	23,3	18,3	16,8	19,5	7,7575	7,13	5,88	5,5	9372,6	0,265	0,362	0,3842	0,528	0,42
5200	22,5	19,3	14,8	13,3	16	6,945	6,13	5,01	4,6	4205,6	0,237	0,3113	0,3271	0,444	0,36
5600	19,8	15,5	11,0	9,3	12,7	6,2575	5,2	4,07	3,6	7788,9	0,214	0,2637	0,2658	0,348	0,29
6000	16,5	12,3	8,0	6,8	9,55	5,445	4,38	3,32	3,0	9441,0	0,186	0,2225	0,2169	0,288	0,24
6400	13,0	8,8	5,8	4,3	6,7	4,57	3,51	2,76	2,4	4745,6	0,156	0,178	0,1801	0,228	0,19
6800	8,5	5,8	2,5	2,0	3,95	3,445	2,76	1,95	1,8	4840,2	0,118	0,14	0,127	0,175	0,15
7200	1,5	1,9	0,6	0,3	1	1,695	1,79	1,48	1,4	6822,1	0,058	0,0908	0,0964	0,133	0,11

n Poros (rpm)	P1 (hp)	P2 (hp)	P3 (hp)	P4 (hp)	PAV (hp)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	FcAv (kg/h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCeAV (kg/hp.h)
2800	2,14	0	2,8	3,5	2,47	1,1155	0	1	1,03	0,8377	0,521	0	0,3531	0,299	0,2878
3200	2,29	2,47	2,7	3,6	3,03	1,1276	1,05	1,01	1,04	1,0562	0,493	0,4257	0,3778	0,289	0,3683
3600	2,03	2,5	2,8	3,6	3,07	1,135	1,07	1,05	1,06	1,0665	0,56	0,4262	0,3754	0,29	0,3773
4000	2,01	2,53	2,8	3,9	3,10	1,1578	1,08	1,07	1,07	1,0869	0,575	0,4255	0,3812	0,279	0,3812
4400	1,98	2,5	2,8	3,7	3,01	1,2232	1,06	1,12	1,09	1,1101	0,618	0,425	0,3969	0,293	0,3993
4800	1,77	2,43	2,6	3,5	2,79	1,2996	1,11	1,14	1,11	1,1539	0,733	0,459	0,4439	0,314	0,4503
5200	1,72	2,26	2,4	3,2	2,58	1,4126	1,12	1,25	1,13	1,2099	0,821	0,497	0,5252	0,351	0,5074
5600	1,67	2,06	2,1	2,7	2,31	1,4203	1,21	1,36	1,15	1,2672	0,851	0,5852	0,6567	0,423	0,5828
6000	1,56	1,86	1,8	2,4	2,00	1,4088	1,17	1,42	1,18	1,2877	0,905	0,6299	0,78	0,49	0,6681
6400	1,39	1,59	1,6	2	1,70	1,5068	1,23	1,49	1,38	1,3934	1,082	0,7765	0,9258	0,674	0,8389
6800	1,12	1,33	1,2	1,7	1,41	1,6555	1,35	1,59	1,46	1,4946	1,484	1,0165	1,3226	0,879	1,1019
7200	0,58	0,91	1	1,3	1,12	1,7682	1,43	1,63	1,52	1,5732	3,042	1,5696	1,6871	1,141	1,6575

n Poros (rpm)	ηte (%)	ηte (%)	ηte (%)	ηte (%)	ηteAV (%)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> AV (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> AV (%vol)
2800	10,85	0	16	19	13,40	28,1	0	10,2	45,8	23,7	4,7	0	9,2	2	4,30
3200	11,46	13,3	15	20	16,26	26,2	47,4	38,2	35,2	45,1	3,9	26,2	9	9,2	9,66
3600	10,09	13,3	15	19	16,39	33,4	29,4	27,8	40,1	35,2	7,4	6	17,4	3,9	8,56
4000	9,83	13,3	15	20	16,24	39,8	18,8	25,4	35,3	31,3	3	5,8	-4,2	3,5	3,20
4400	9,14	13,3	14	19	15,48	33,7	19,6	14	29,9	21,0	30,1	7,4	2	4,3	12,56
4800	7,71	12,3	13	18	13,89	56	46,2	7	19,8	30,0	8,8	0	8,6	2,6	4,20
5200	6,88	11,4	11	16	12,32	29,2	80	21	46,4	46,3	6,4	8,8	1,4	5,4	5,68
5600	6,64	9,66	8,6	13	10,49	30,8	22	4,1	3	22,1	11	4,5	24,6	2,8	10,82
6000	6,24	8,97	7,2	12	8,91	25,2	23,6	23,9	4,6	22,7	3,3	5	6,3	4,6	5,20
6400	5,22	7,28	6,1	8,4	6,93	26,6	18,3	50,7	9,8	28,0	6,8	6,6	19,9	14	9,70
6800	3,81	5,56	4,3	6,4	5,41	29,6	20,3	53,8	11,4	30,4	1,6	9,7	7,8	10	6,66
7200	1,86	3,6	3,3	5	4,09	23,3	9,8	59	4	25,1	5,3	4,2	3,6	2	3,90

n Poros (rpm)	CO (%vol)	CO (%vol)	CO (%vol)	CO (%vol)	COAV (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> AV (%vol)
2800	2,8	0	13	4,4	4,76	64,4	0	67,8	47,8	47,28
3200	7,1	5	7,4	5,6	6,38	62,8	21,4	45,4	50	38,88
3600	6,2	10,8	14	12	11,84	53	53,8	40,8	44,4	44,44
4000	6,8	11	12	13	9,18	50,4	64,4	66,4	48,2	56,30
4400	2,9	10,4	11	6,6	9,30	33,3	62,6	72,8	59,2	57,14
4800	6,6	20,8	5,4	9,2	9,82	28,6	33	79	68,4	55,98
5200	4,2	4,7	8	7,8	6,06	60,2	6,5	69,6	40,4	41,98
5600	1,8	8,7	6,1	3,8	5,56	56,4	64,8	65,2	90,4	61,52
6000	4,7	5,4	5,6	3,8	4,00	66,8	66	64,2	87	68,12
6400	6,4	8,5	8,4	11	7,46	60,2	66,6	21	65	54,88
6800	3,5	6,1	7,6	12	7,56	65,3	63,9	30,8	66,2	55,36
7200	3,7	9,4	5,2	7	5,98	67,7	76,6	32,2	87	65,06

Lampiran 3. Data Pengujian Motor Bakar 6 Langkah dengan Bahan Bakar Pertamina plus 95

<sup>n</sup> Poros (rpm)	F1 (kg)	F2 (kg)	F3 (kg)	F4 (kg)	Fav (kg)	Td1 (kg.m)	Td2 (kg.m)	Td3 (kg.m)	Td4 (kg.m)	TdAV (kg.m)	Tc1 (kg.m)	Tc2 (kg.m)	Tc3 (kg.m)	Tc4 (kg.m)	TcAV (kg.m)
2800	56,5	43,3	38,3	31,5	37,7	15,4	12,1	10,9	9,2	506,3	0,527	0,6	0,7108	0,882	0,69
3200	52,0	35,5	32,8	30,8	33,8	14,3	10,2	9,51	9,01	887,7	0,489	0,5	0,621	0,864	0,63
3600	44,5	32,3	29,0	28,5	30,5	12,4	9,38	8,57	8,45	599,0	0,425	0,5	0,5598	0,81	0,59
4000	39,5	28,0	25,0	26,5	27,4	11,2	8,32	7,57	7,95	552,2	0,382	0,4	0,4944	0,762	0,55
4400	34,8	23,5	20,8	24,5	23,6	10	7,2	6,51	7,45	526,8	0,341	0,4	0,425	0,714	0,49
4800	27,3	21,0	17,3	22,3	20,3	8,13	6,57	5,63	6,88	377,2	0,278	0,3	0,3679	0,66	0,44
5200	22,3	17,3	14,3	19,5	16,9	6,88	5,63	4,88	6,2	568,7	0,235	0,3	0,3189	0,594	0,38
5600	16,8	13,0	9,3	16,3	13,2	5,51	4,57	3,63	5,38	877,8	0,188	0,2	0,2373	0,516	0,33
6000	7,3	11,3	6,0	12,0	9,0	3,13	4,13	2,82	4,32	487,6	0,107	0,2	0,1842	0,414	0,26
6400	4,0	6,5	3,3	8,0	5,6	2,32	2,95	2,13	3,32	667,5	0,079	0,1	0,1393	0,318	0,20
6800	2,8	3,8	1,3	1,8	2,3	2,01	2,26	1,63	1,76	490,9	0,069	0,1	0,1066	0,169	0,13
7200	0,0	2,0	0,0	0,0	0,6	0	1,82	0	0	314,7	0	0,1	0	0	0,06

<sup>n</sup> Poros (rpm)	P1 (hp)	P2 (hp)	P3 (hp)	P4 (hp)	PAV (hp)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	FcAV (kg/h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCe (kg/hp.h)	SFCeAV (kg/hp.h)
2800	2,06	2,41	2,78	3,45	2,69	0,56	0,57	0,61	0,63	0,601	0,274	0,2	0,218	0,182	0,228
3200	2,18	2,31	2,77	3,86	2,83	0,58	0,58	0,63	0,65	0,619	0,264	0,3	0,2273	0,169	0,226
3600	2,13	2,39	2,81	4,07	2,98	0,61	0,62	0,65	0,68	0,645	0,284	0,3	0,2316	0,167	0,227
4000	2,13	2,36	2,76	4,25	3,07	0,63	0,64	0,67	0,71	0,667	0,294	0,3	0,2436	0,168	0,231
4400	2,1	2,24	2,61	4,38	2,99	0,58	0,68	0,70	0,76	0,687	0,277	0,3	0,2695	0,174	0,244
4800	1,86	2,23	2,46	4,42	2,94	0,61	0,71	0,73	0,82	0,721	0,33	0,3	0,2968	0,185	0,265
5200	1,7	2,07	2,31	4,31	2,79	0,65	0,74	0,77	0,87	0,763	0,379	0,4	0,333	0,202	0,299
5600	1,47	1,81	1,85	4,03	2,57	0,68	0,78	0,81	0,97	0,818	0,461	0,4	0,439	0,24	0,360
6000	0,9	1,76	1,54	3,47	2,21	0,71	0,83	0,86	1,07	0,883	0,793	0,5	0,5559	0,309	0,482
6400	0,71	1,34	1,24	2,84	1,82	0,77	0,88	0,91	1,17	0,945	1,096	0,7	0,7279	0,411	0,646
6800	0,65	1,09	1,01	1,6	1,28	0,82	0,91	0,96	1,19	0,983	1,26	0,8	0,9466	0,741	0,859
7200	0	0,93	0	0	0,56	0,88	0,93	1,03	1,07	0,994	0	1	0	0	0,316



n Poros (rpm)	$\eta_{te}$ (%)	$\eta_{te}$ (%)	$\eta_{te}$ (%)	$\eta_{te}$ (%)	$\eta_{teAV}$ (%)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> AV (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> AV (%vol)
2800	19,1	22,2	24	28,8	23,35	24	5	7	14	10,80	16	4,4	6,8	4	7,16
3200	19,8	20,8	23	30,9	23,78	3,6	8	2	25,2	11,16	6	9	1	7,4	5,80
3600	18,4	20,2	22,6	31,3	23,98	3,4	9,4	5,8	3,8	5,04	2,6	3,2	11,2	11	7,12
4000	17,8	19,3	21,5	31,2	23,83	8	5,6	10	2,8	5,84	2,8	3,2	4,6	14	5,96
4400	18,9	17,4	19,4	30,1	22,47	4,4	4	11	10	7,16	3,8	11	5,6	1	6,76
4800	15,9	16,6	17,6	28,4	20,94	3,8	8,4	8,6	7,4	10,52	2,8	7,8	4,8	-0,2	3,72
5200	13,8	14,7	15,7	25,9	18,72	4,4	8,4	10	6,2	9,00	7	4	1,4	5,2	4,12
5600	11,4	12,2	11,9	21,8	15,99	20,4	8,8	9,8	6	11,16	16,8	8,2	4,6	5,8	7,76
6000	6,61	11,1	9,42	16,9	12,57	5,6	17,6	16,2	5,6	10,64	3	2,2	2,8	7,6	4,00
6400	4,78	7,98	7,2	12,8	9,65	7,6	25,2	9,6	8,2	11,00	1,6	5,6	5,2	7,2	5,16
6800	4,16	6,27	5,53	7,06	6,65	24,8	42,6	4,6	4,6	15,76	12,2	4,6	1	7,8	6,00
7200	0	5,21	0	0	2,87	82,2	6,2	4	5,4	19,92	2	11	10,6	2,8	5,88

n Poros (rpm)	CO (%vol)	CO (%vol)	CO (%vol)	CO (%vol)	COAV (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> AV (%vol)
2800	8	2	1	2,6	3,16	52,00	88,6	85,2	79,4	78,88
3200	19,8	0,6	4	3,8	6,04	70,60	82,4	93	63,6	77,00
3600	11,4	6,2	3,8	0,8	6,08	82,60	81,2	79,2	84,4	81,76
4000	6,4	6,8	6,4	3,6	5,08	82,80	84,4	79	79,6	83,12
4400	3,2	4	15,8	9	7,08	88,60	80,8	67,6	80	79,00
4800	4,4	2,8	3	6,2	3,68	89,00	81	83,6	86,6	82,08
5200	3,2	4,6	0,2	-1,8	1,60	85,40	83	88,4	90,4	85,28
5600	1,8	0,8	1	1,2	1,52	61,00	82,2	84,6	87	79,56
6000	8	2,2	2	3	3,40	83,40	78	79	83,8	81,96
6400	0,2	2,6	0,2	2,2	1,20	90,60	66,6	85	82,4	82,64
6800	2	15	4,8	7,6	6,36	61,00	37,8	89,6	80	71,88
7200	4,2	3	0,4	4,2	3,08	11,60	80,2	85	87,6	71,12



Lampiran 4. Data Pengujian Motor Bakar 6 Langkah dengan Bahan Bakar Pertamina90

n Poros (rpm)	F1 (kg)	F2 (kg)	F3 (kg)	F4 (kg)	Fav (kg)	Td1 (kg.m)	Td2 (kg.m)	Td3 (kg.m)	Td4 (kg.m)	TdAV (kg.m)	Tc1 (kg.m)	Tc2 (kg.m)	Tc3 (kg.m)	Tc4 (kg.m)	TcAV (kg.m)
2800	67,5	0	38	31	33,1	18	0	10,8	9,07	9,58	0,62	0	0,71	0,9	0,6
3200	56	50	31,8	26,3	37,8	15	13,8	9,26	7,88	10,8	0,52	0,7	0,6	0,8	0,7
3600	54,5	47	25,5	22,5	34,6	15	12,9	7,7	6,95	9,96	0,51	0,66	0,5	0,7	0,6
4000	50,8	45	24,3	18,8	32,2	14	12,5	7,38	6,01	9,36	0,48	0,63	0,48	0,6	0,6
4400	47	35	20,8	17,8	28	13	9,95	6,51	5,76	8,31	0,45	0,5	0,43	0,6	0,5
4800	42,3	32	14,8	15,5	24,3	12	9,26	5,01	5,2	7,38	0,41	0,47	0,33	0,5	0,5
5200	37,3	28	12,8	13,8	21,5	11	8,38	4,51	4,76	6,7	0,36	0,43	0,29	0,5	0,4
5600	33,5	27	10,5	12,3	19	9,7	8,07	3,95	4,38	6,07	0,33	0,41	0,26	0,4	0,4
6000	30,3	25	11,3	10	17,3	8,9	7,63	4,13	3,82	5,63	0,3	0,39	0,27	0,4	0,4
6400	20,3	18	6,5	6,75	11,6	6,4	5,82	2,95	3,01	4,22	0,22	0,3	0,19	0,3	0,3
6800	9,25	11	3,25	2,25	5,75	3,6	4,01	2,13	1,88	2,76	0,12	0,2	0,14	0,2	0,2
7200	1,5	5	1,25	0,75	1,85	1,7	2,57	1,63	1,51	1,78	0,06	0,13	0,11	0,1	0,1

n Poros (rpm)	P1 (hp)	P2 (hp)	P3 (hp)	P4 (hp)	PAV (hp)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	Fc (kg/h)	FcAv (kg/h)	SFCe (kg/h p.h)	SFCe (kg/h p.h)	SFCe (kg/h p.h)	SFCe (kg/h p.h)	SFCeAV (kg/hp.h)
2800	2,43	0	2,76	3,4	2,5	0,6	0	0,59	0,6	0,48	0,24	0	0,21	0,2	0,2
3200	2,33	3,1	2,7	3,38	3,11	0,6	0,62	0,64	0,64	0,63	0,26	0,2	0,24	0,2	0,2
3600	2,56	3,3	2,53	3,35	3,21	0,6	0,65	0,67	0,66	0,66	0,24	0,2	0,27	0,2	0,2
4000	2,67	3,5	2,69	3,22	3,33	0,6	0,7	0,71	0,71	0,7	0,24	0,2	0,26	0,2	0,2
4400	2,74	3,1	2,61	3,39	3,27	0,7	0,73	0,74	0,75	0,74	0,25	0,23	0,28	0,2	0,2
4800	2,72	3,1	2,19	3,34	3,16	0,7	0,75	0,77	0,81	0,77	0,26	0,24	0,35	0,2	0,3
5200	2,63	3,1	2,14	3,31	3,12	0,8	0,8	0,83	0,87	0,82	0,29	0,26	0,39	0,3	0,3
5600	2,59	3,2	2,01	3,28	3	0,8	0,84	0,9	0,92	0,88	0,3	0,26	0,45	0,3	0,3
6000	2,54	3,2	2,26	3,07	2,95	0,8	0,92	0,96	0,98	0,93	0,32	0,28	0,42	0,3	0,3
6400	1,95	2,6	1,72	2,58	2,39	0,9	0,97	1,02	1,06	0,99	0,46	0,37	0,6	0,4	0,4
6800	1,18	1,9	1,32	1,71	1,7	0,9	1,05	1,07	1,14	1,06	0,8	0,54	0,81	0,7	0,7
7200	0,58	1,3	1,07	1,45	1,24	1	1,1	1,15	1,27	1,14	1,69	0,84	1,08	0,9	1

n Poros (rpm)	ηte (%)	ηte (%)	ηte (%)	ηte (%)	ηteAV (%)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> AV (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	O <sub>2</sub> AV (%vol)
2800	22,4	0	25,1	30,4	22,3	5	8,6	6,6	0	4,44	16,7	31	13,2	0	13
3200	20,8	27	22,8	28,6	26,4	21	23	34	22,2	20,6	10,8	4,4	7	20	8,4
3600	22,3	27	20,3	27,2	26	28	3,4	38,2	57	26,7	13,3	14,2	4,6	5,4	8,5
4000	22,4	27	20,6	24,3	25,6	47	32	16	20,3	27,3	5,5	5,2	6,8	12	7,5
4400	21,6	23	19,1	24,4	23,9	13	2,8	26,6	24	17,9	1,8	4	2	4,8	4,3
4800	20,4	23	15,3	22,2	22	15	6,8	17,7	34,2	15,6	1,4	3	5,7	4,6	4,5
5200	18,9	21	13,8	20,6	20,4	4,2	5	12,2	19,4	11,6	0,8	3,4	1	4,2	2,4
5600	17,9	21	12,1	19,2	18,4	18	19,2	19,2	14	22,6	0,6	3,2	3,6	2,4	2,8
6000	16,6	19	12,7	16,8	17,1	21	19,6	21	7,2	15,4	1	2,6	3,6	25	7,8
6400	11,8	15	9,06	13,1	13	31	6,2	4,6	10,4	11,4	3	5,6	1,6	0,4	2,5
6800	6,74	9,9	6,63	8,13	8,63	51	11,6	5,6	6	15,8	8	4,2	3,2	1,2	3,8
7200	3,19	6,4	5,01	6,17	5,78	5	8,8	4,8	16,4	7,56	3	4,8	3,8	3,2	4,5

n Poros (rpm)	CO (%vol)	CO (%vol)	CO (%vol)	CO (%vol)	COAV (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> (%vol)	N <sub>2</sub> AV (%vol)
2800	7,7	12	11,6	0	7,34	71	48,4	68,6	0	55,1
3200	2,2	6	3	22,2	7,08	66	66,6	56	35,8	63,9
3600	4,2	7,2	5	4,2	4,98	55	75,2	52,2	33,4	59,8
4000	2,8	3,4	22,4	7,8	7,88	45	59,4	54,8	59,8	57,4
4400	2,8	2,8	3,2	4,3	3,54	83	90,4	68,2	66,9	74,3
4800	2,2	3,4	5	1	3,28	81	86,8	71,6	60,2	76,6
5200	4,7	2,6	3,6	3	3,72	90	89	83,2	73,4	82,2
5600	13,2	14	14,8	1,8	9,88	68	63,4	62,4	81,8	64,6
6000	7,4	2,8	4,2	8	5,16	71	75	71,2	59,6	71,6
6400	4,2	2,4	6,6	5	4,88	62	85,8	87,2	84,2	81,2
6800	1	3,8	6,6	3,6	3,76	40	80,4	84,6	89,2	76,7
7200	1,4	3	2,2	2,1	2,54	91	83,4	89,2	78,3	85,4

Lampiran 9. Data Perhitungan Pengujian Motor Bakar 4 Langkah bahan bakar Pertamax

4 Langkah, Throttle 30%, Venturi 18mm (pilot jet #36; main jet #75)												
GIG11												
n (rpm)	Td (kg-m)	Tc (kg-m)	P (hp)	FC (kg/h)	SFC <sub>e</sub> (kg/hp-h)	η <sub>b</sub> (%)	AFR ( <sup>kg air</sup> / <sub>kg fuel</sub> )	CO (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	NO <sub>2</sub> (%vol)	HC (ppm-rol)
1800	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2200	10	0.4331	1.3	0.32	0.243168	24.6	12.76	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2600	13	0.5525	2.0	0.38	0.188480	31.7	19.46	4.99	10.60	3.49	80.92	489.00
3000	11	0.4885	2.0	0.40	0.193872	30.5	15.01	4.62	11.60	3.05	80.73	484.00
3400	10	0.4111	2.0	0.46	0.237489	25.2	10.21	3.94	10.71	4.06	81.29	496.00
3800	8	0.3338	1.8	0.44	0.248762	24.0	11.67	4.89	10.24	3.74	81.13	692.00
4200	7	0.2857	1.7	0.65	0.387924	15.4	6.56	3.22	12.18	3.55	81.05	1101.00
4600	6	0.2331	1.5	0.54	0.355548	16.8	11.21	3.94	10.56	4.05	81.45	609.00
5000	3	0.1470	1.0	0.60	0.587420	10.2	4.94	3.11	12.36	3.50	81.03	1193.00
5400	0	0.0000	0.0	0.57	n/a	n/a	10.33	2.79	15.28	1.83	80.10	1227.00

GIG12												
n (rpm)	Td (kg-m)	Tc (kg-m)	P (hp)	FC (kg/h)	SFC <sub>e</sub> (kg/hp-h)	η <sub>b</sub> (%)	AFR ( <sup>kg air</sup> / <sub>kg fuel</sub> )	CO (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	NO <sub>2</sub> (%vol)	HC (ppm-rol)
1800	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2200	8	0.5913	1.8	0.41	0.226973	26.3	10.58	1.08	0.60	9.65	88.67	0.00
2600	8	0.5820	2.1	0.38	0.181769	32.9	15.01	1.37	0.76	9.20	88.67	0.00
3000	7	0.5168	2.2	0.45	0.206374	29.0	10.58	1.15	0.64	9.21	89.00	0.00
3400	6	0.4564	2.2	0.47	0.215619	27.7	10.12	1.15	0.64	9.21	89.00	0.00
3800	6	0.4238	2.2	0.52	0.233532	25.6	11.40	1.48	0.82	5.74	91.96	0.00
4200	5	0.3587	2.1	0.55	0.263401	22.7	11.60	1.55	0.86	5.22	92.38	0.00
4600	4	0.2936	1.9	0.62	0.329072	18.2	11.55	1.73	0.96	4.29	93.02	0.00
5000	3	0.2006	1.4	0.65	0.463679	12.9	19.01	3.02	1.68	4.96	90.34	0.00
5400	0	0.0000	0.0	0.70	n/a	n/a	15.15	2.56	1.42	3.02	93.01	0.00

GIG13												
n (rpm)	Td (kg-m)	Tc (kg-m)	P (hp)	FC (kg/h)	SFC <sub>e</sub> (kg/hp-h)	η <sub>b</sub> (%)	AFR ( <sup>kg air</sup> / <sub>kg fuel</sub> )	CO (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	NO <sub>2</sub> (%vol)	HC (ppm-rol)
1800	6	0.5623	1.4	0.37	0.262848	22.7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2200	6	0.6254	1.9	0.38	0.200341	29.8	11.22	7.98	8.27	3.14	80.61	736.00
2600	6	0.5560	2.0	0.37	0.185068	32.3	17.15	5.08	11.52	2.00	81.40	509.00
3000	4	0.4298	1.8	0.46	0.257909	23.2	8.18	6.17	8.64	3.44	81.75	568.00
3400	4	0.4045	1.9	0.50	0.259387	23.0	10.00	4.42	10.63	2.67	82.28	632.00
3800	4	0.3919	2.1	0.46	0.227890	26.8	10.75	6.67	7.56	3.94	81.83	774.00
4200	3	0.3288	1.9	0.47	0.245914	24.3	7.60	4.97	9.18	3.80	82.05	881.00
4600	3	0.2531	1.6	0.50	0.308717	19.4	11.06	4.89	7.84	4.68	82.59	1551.00
5000	2	0.1774	1.2	0.53	0.425244	14.1	11.62	3.64	12.78	2.65	80.93	3001.00
5400	0	0.0000	0.0	0.52	n/a	n/a	15.13	1.78	17.13	1.42	79.67	1293.00

GIG14												
n (rpm)	Td (kg-m)	Tc (kg-m)	P (hp)	FC (kg/h)	SFC <sub>e</sub> (kg/hp-h)	η <sub>b</sub> (%)	AFR ( <sup>kg air</sup> / <sub>kg fuel</sub> )	CO (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	NO <sub>2</sub> (%vol)	HC (ppm-rol)
1800	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2200	5	0.3160	1.0	0.40	0.414123	14.4	12.50	6.64	8.92	3.94	80.50	617.00
2600	4	0.2862	1.0	0.42	0.405295	14.7	11.23	3.74	12.27	2.57	81.42	467.00
3000	4	0.2691	1.1	0.41	0.363467	16.4	12.03	5.81	10.03	3.27	80.89	520.00
3400	4	0.2435	1.2	0.39	0.335809	17.8	9.39	5.23	10.44	4.08	80.25	532.00
3800	3	0.2350	1.2	0.52	0.413845	14.4	7.26	7.26	6.70	4.71	81.33	641.00
4200	3	0.1733	1.0	0.49	0.477837	12.5	14.64	7.14	7.09	4.60	81.17	774.00
4600	2	0.1412	0.9	0.51	0.564046	10.6	7.71	6.60	7.03	5.16	81.21	747.00
5000	1	0.0986	0.7	0.52	0.762393	7.8	12.96	3.56	12.87	2.91	80.66	2461.00
5400	0	0.0000	0.0	0.54	n/a	n/a	11.65	4.19	11.08	3.59	81.14	2731.00

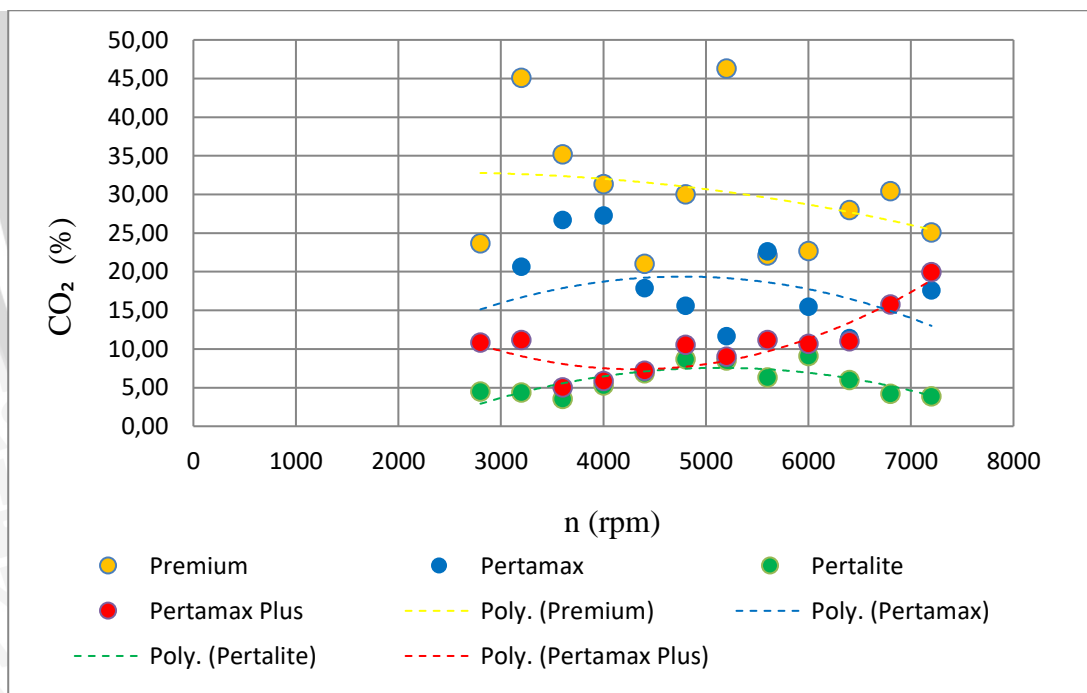
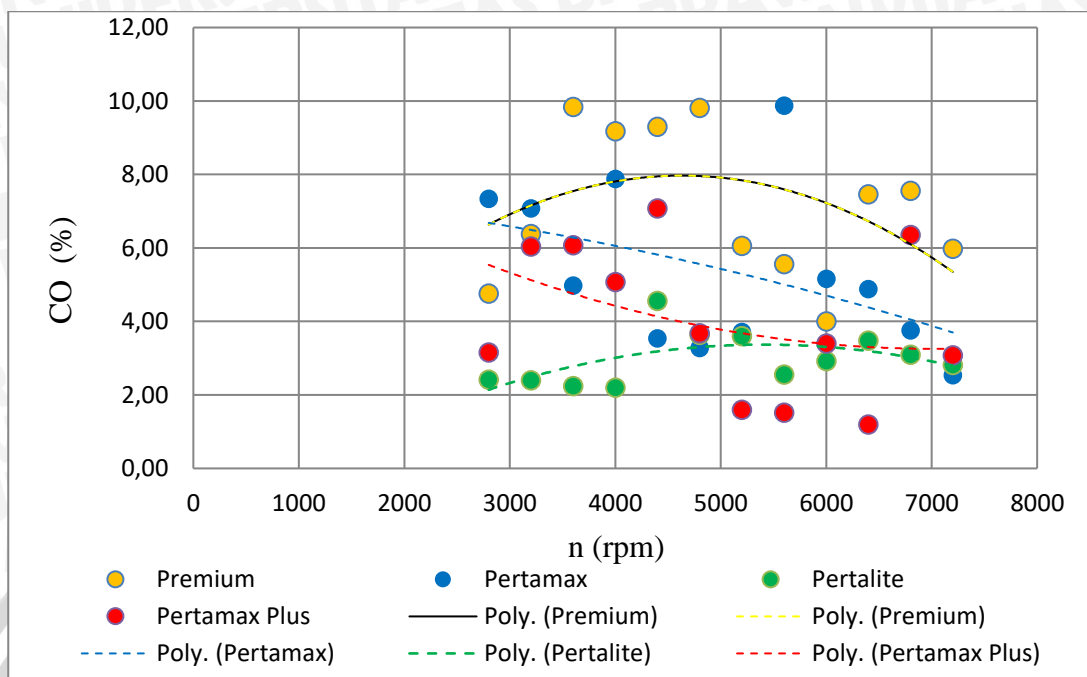
6 Langkah - Venturi 18mm												
AVERAGE												
n (rpm)	Td (kg-m)	Tc (kg-m)	P (hp)	FC (kg/h)	SFC <sub>e</sub> (kg/hp-h)	η <sub>b</sub> (%)	AFR ( <sup>kg air</sup> / <sub>kg fuel</sub> )	CO (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	NO <sub>2</sub> (%vol)	HC (ppm-rol)
3000	10.20	0.55	2.30	0.81	0.344	17.63	5.49	9.5843	2.48	6.84	81.10	2145
3400	9.04	0.46	2.16	0.60	0.296	21.60	7.78	8.4298	2.62	6.73	82.22	2385
3800	6.70	0.34	1.81	0.56	0.324	19.33	10.36	7.6204	3.05	6.88	82.45	2758
4200	6.01	0.32	1.86	0.66	0.364	17.01	10.76	7.5438	5.40	7.24	79.82	2478
4600	4.71	0.24	1.57	0.70	0.446	13.46	11.66	7.1938	2.64	7.39	82.77	1889
5000	3.82	0.20	1.40	0.69	0.494	12.24	13.23	7.2209	2.20	8.00	82.58	896
5400	2.55	0.14	1.03	0.75	0.736	8.29	13.23	7.3161	2.78	8.21	81.69	777
5800	1.75	0.10	0.77	0.81	1.073	5.85	12.77	7.7606	1.97	8.48	81.79	825
6200	0.00	0.00	0.00	0.89	n/a	n/a	11.94	7.6310	2.27	8.35	81.75	1053

6 Langkah - Venturi 20mm												
AVERAGE												
n (rpm)	Td (kg-m)	Tc (kg-m)	P (hp)	FC (kg/h)	SFC <sub>e</sub> (kg/hp-h)	η <sub>b</sub> (%)	AFR ( <sup>kg air</sup> / <sub>kg fuel</sub> )	CO (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	NO <sub>2</sub> (%vol)	HC (ppm-rol)
3000	9.51	0.59	2.46	0.66	0.274	22.30	10.10	10.8998	2.33	8.17	78.60	3825
3400	8.52	0.46	2.19	0.68	0.323	19.20	9.78	8.6305	3.30	9.08	78.99	4487
3800	7.10	0.38	2.02	0.70	0.350	17.48	11.21	9.1123	4.18	8.99	77.72	5131
4200	6.52	0.34	2.01	0.70	0.354	17.42	11.60	8.8729	3.65	9.00	78.48	4544
4600	6.05	0.32	2.04	0.77	0.391	16.13	12.02	9.4620	1.88	8.08	80.58	3473
5000	5.54	0.29	2.03	0.73	0.366	16.70	13.32	9.3994	1.46	7.21	81.93	2064
5400	4.48	0.24	1.78	0.85	0.489	12.80	12.83	9.3546	1.13	7.05	82.46	1413
5800	3.66	0.19	1.57	0.91	0.601	10.41	12.28	9.0270	1.26	6.78	82.93	1276
6200	2.76	0.15	1.27	0.95	0.780	8.09	11.91	8.6166	1.82	6.39	83.17	1225
6600	1.79	0.09	0.87	0.94	1.088	5.50	12.29	8.7651	1.78	6.90	82.55	1328
7000	0.00	0.00	0.00	1.00	n/a	n/a	11.97	8.2190	1.84	6.73	83.21	1343

4 Langkah - Venturi 18mm												
AVERAGE												
n (rpm)	Td (kg-m)	Tc (kg-m)	P (hp)	FC (kg/h)	SFC <sub>e</sub> (kg/hp-h)	η <sub>b</sub> (%)	AFR ( <sup>kg air</sup> / <sub>kg fuel</sub> )	CO (%vol)	O <sub>2</sub> (%vol)	CO <sub>2</sub> (%vol)	NO <sub>2</sub> (%vol)	HC (ppm-rol)
1800	5.57	0.56	1.41	0.37	0.26	22.74	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2200	7.24	0.49	1.51	0.38	0.27	23.79	11.76	5.23	5.93	5.58	87.45	451.00
2600	7.62	0.49	1.79	0.39	0.24	27.91	15.71	3.79	8.79	4.32	83.10	366.25
3000	6.65	0.43	1.78	0.43	0.26	24.77	11.45	4.44	7.73	4.42	83.41	393.00
3400	5.84	0.38	1.80	0.45	0.26	23.43	9.93	3.68	8.11	5.00	83.21	415.00
3800	5.21	0.35	1.84	0.49	0.28	22.72	10.27	5.08	6.33	4.53	84.06	526.75
4200	4.34	0.29	1.68	0.54	0.34	18.73	10.10	4.22	7.33	4.29	84.16	689.00
4600	3.51	0.23	1.48	0.54	0.39	16.23	10.38	4.29	6.60	4.54	84.57	726.75
5000	2.34	0.16	1.09	0.58	0.56	11.24	12.13	3.34	9.92	3.50	83.24	1663.75
5400	0.00	0.00	0.00	0.58	n/a	n/a	13.06	2.83	11.23	2.46	83.48	1312.75

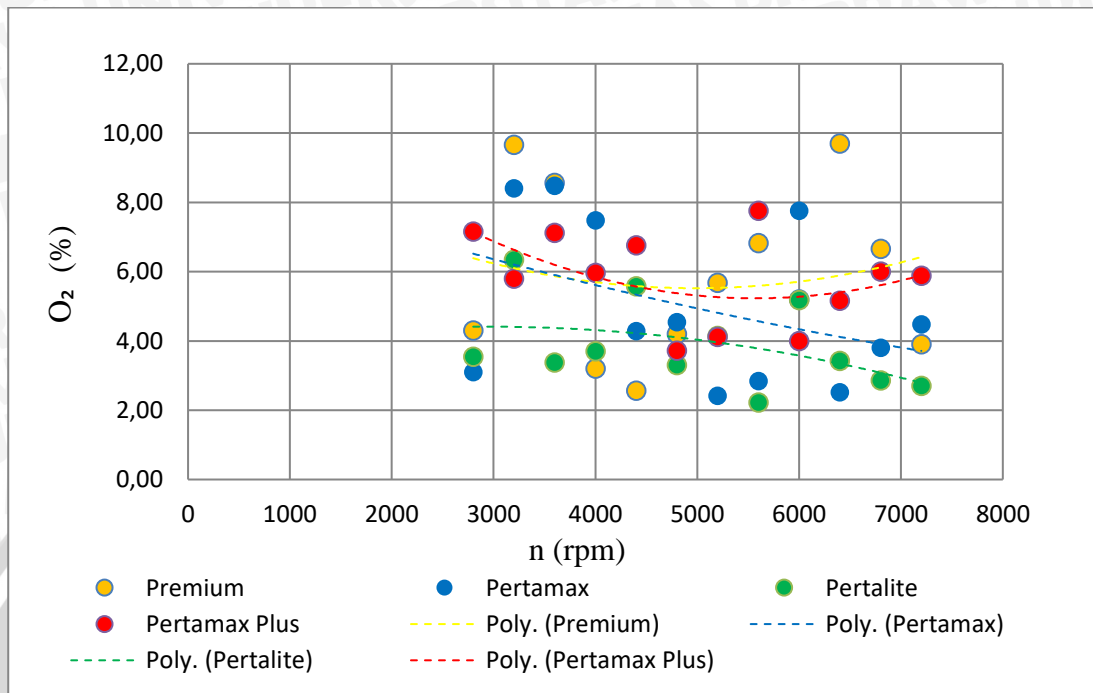


Lampiran 10. Hubungan Putaran dengan Emisi CO dan CO<sub>2</sub>





Lampiran 11. Hubungan Putaran dengan kadar emisi O<sub>2</sub>



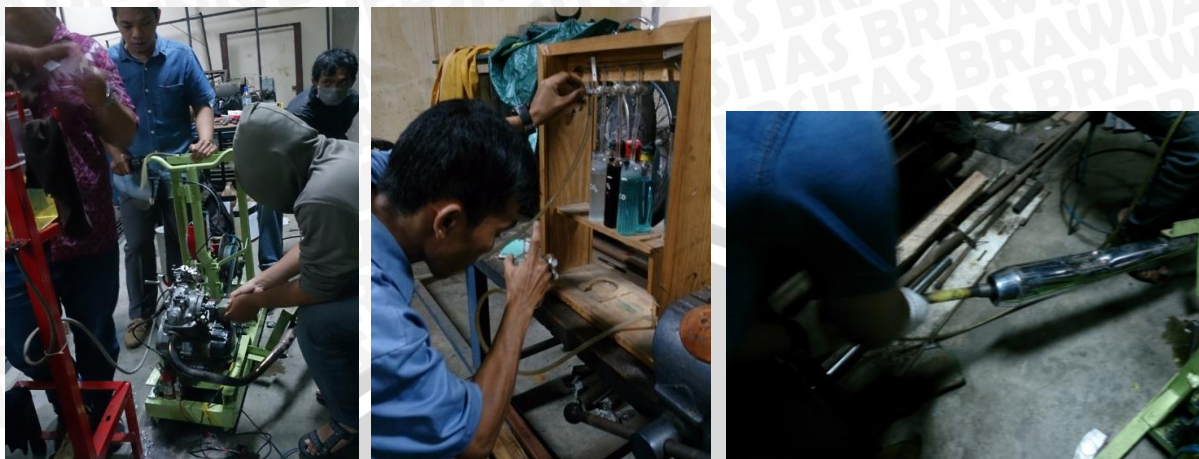
Lampiran 12. Instalasi Pengujian



Lampiran 13. Bahan Bakar Pengujian



### Lampiran 14. Aktivitas Pengujian



### Lampiran 15. Properties bahan bakar Premium, Pertalite, Pertamina Plus

#### SPEKIFIKASI PREMIUM

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan				Metode Uji	
			Tanpa Timbal		Bertimbal		ASTM	Lain
			Min.	Maks.	Min.	Maks.		
1.	Bilangan Oktana - Angka Oktana Riset - (RON) - Angka Oktana Motor (MON)	RON	88.0	-	88.00	-	D 2699 - 86	
		dilaporkan dilaporkan						
2.	Stabilitas Oksidasi (Periode Industri)	menit	360	-	360	-	D 525 - 99	
		% m/m	-	0.05	-	0.05	D 2622 - 98	
3.	Kandungan Sulfur	g/l	-	0.013	-	0.3	D 3237 - 97	
4.	Kandungan Timbal (Pb)						D 86 - 99a	
5.	Distilasi : 10% vol. Penguapan 50% vol. Penguapan 90% vol. Penguapan Titik didih akhir Residu	°C	-	74	-	74		
		°C	88	125	88	125		
		°C	-	180	-	180		
		°C	-	215	-	205		
		°F	-	2.0	-	2.0		
6.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2.7	-	2.7	D 4815 94a	
7.	Washed gum	mg/100ml	-	5	-	5	D 381 - 99	
8.	Tekanan Uap	kPa	-	62	-	62	D 5191 - 99 / D 323	
9.	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	780	715	780	D 4052 / D 1298	
10.	Korosi Bilah tembaga	merit	kelas 1		kelas 1		D 130 - 94	
11.	Uji Doctor		Negatif		Negatif		D 3227	IP 30
12.	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0.002	-	0.002	D 3227	
13.	Penampilan Visual		Jernih dan terang		Jernih dan terang			
14.	Warna		Merah		Merah			
15.	Kandungan pewarna	g/100 l	-	0.13	-	0.13		
16.	Bau		Dapat dipasarkan					

#### SPEKIFIKASI PERTAMAX

No.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE	
			MIN	MAKS	ASTM	Lain
1.	Angka Oktana Riset	RON	91.0	-	D 2699-86	
2.	Stabilitas Oksidasi (Periode Induksi)	Menit	480	-	D 525-99a	
3.	Kandungan Belerang	% m/m	-	0.05 <sup>1)</sup>	D 2622/D 1266	
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/liter	-	0.013 <sup>2)</sup>	D 3237/D 5069	
5.	Kandungan Phospor	mg/l	-	-	D 3831-94	
6.	Kandungan Logam (Mn, Fe dll)	mg/l	-	-	D 3831-94	
7.	Kandungan Silikon	mg/kg	-	-	iICP-AES (Merujuk Metode in house) dengan batasan deteksi = 1 mg/kg)	
8.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2.7 <sup>3)</sup>	D 4815-94a	
9.	Kandungan Olefin	% v/v	-	*)	D 1319-99	
10.	Kandungan Aromatik	% v/v	-	50.0	D 1319-99	
11.	Kandungan Benzena	% v/v	-	5.0	D 4420-94	
12.	Distilasi :				D 86-99a	
	10 % vol penguapan	°C	-	70		
	50 % vol penguapan	°C	-	110		
	90 % vol penguapan	°C	-	180		
	Titik didih akhir	°C	-	215		
	Residu	% v/v	-	2.0		
13.	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452-97	
14.	Unwashed Gum	mg/100ml	-	70	D 381-99	
15.	Washed Gum	mg/100ml	-	5	D 381-99	
16.	Tekanan Uap	kPa	45	60	D 5191-99 atau D 323	
17.	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 4052-96 atau D 1298	
18.	Korosi Bilah tembaga	merit	kelas 1		D 130-94	
19.	Uji Doctor		negatif		D 3227	IP 30
20.	Belerang Mercaptan	% massa	-	0.002	D 3227	
21.	Penampilan Visual		Jernih dan terang			
22.	Warna		Biru			
23.	Kandungan Pewarna	g/100l	-	0.13		

#### SPEKIFIKASI PERTAMAX PLUS

No.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE
			MIN	MAKS	
1.	Angka Oktana Riset	RON	95.0	-	D 2699-86
2.	Stabilitas Oksidasi (Periode Induksi)	Menit	480	-	D 525-99a
3.	Kandungan Belerang	% m/m	-	0.05 <sup>1)</sup>	D 2622/D 1266
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/liter	-	0.013 <sup>2)</sup>	D 3237/D 5069
5.	Kandungan Phospor	mg/l	Tak terdeteksi		D 3831-94
6.	Kandungan Logam (Mn, Fe dll)	mg/l	Tak terdeteksi		D 3831-94
7.	Kandungan Silikon	mg/kg	Tak terdeteksi		iICP-AES (Merujuk Metode in house) dengan batasan deteksi = 1 mg/kg)
8.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2.7 <sup>3)</sup>	D 4815-94a
9.	Kandungan Olefin	% v/v	-	*)	D 1319-99
10.	Kandungan Aromatik	% v/v	-	40.0	D 1319-99
11.	Kandungan Benzena	% v/v	-	5.0	D 4420-94
12.	Distilasi :				D 86-99a
	10 % vol penguapan	°C	-	70	
	50 % vol penguapan	°C	77	110	
	90 % vol penguapan	°C	130	180	
	Titik didih akhir	°C	-	205	
	Residu	% v/v	-	2.0	
13.	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452-97
14.	Unwashed Gum	mg/100ml	-	70	D 381-99
15.	Washed Gum	mg/100ml	-	5	D 381-99
16.	Tekanan Uap	kPa	45	60	D 5191-99 atau D 323
17.	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 4052-96 atau D 1298
18.	Korosi Bilah tembaga	merit	kelas 1		D 130-94
19.	Uji Doctor		negatif		D 3227
20.	Belerang Mercaptan	% massa	-	0.0020	D 3227
21.	Penampilan Visual		Jernih dan terang		
22.	Warna		Biru		
23.	Kandungan Pewarna	g/100l	-	0.13	


#### Pertalite

No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Oktan Riset (RON)	RON	90.0	-
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.05
4	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	Dilaporkan (injeksi timbal tidak diijinkan)	
5	Kandungan Logam (Mn, Besi (Fe))	mg/l	Tidak terdeteksi	
6	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7
7	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan	
8	Kandungan Aromatic	% v/v		
9	Kandungan Benzena	% v/v		
10	Distilasi :			
		10% vol. penguapan	°C	74
		50% vol. penguapan	°C	88
		90% vol. penguapan	°C	180
		Titik didih akhir	°C	215
	Residu	% vol	-	2.0
11	Sedimen	mg/l	-	1
12	Unwashed gum	mg/100 ml	-	70
13	Washed gum	mg/100 ml	-	5
14	Tekanan Uap	kPa	45	60
15	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770
16	Korosi bilah Tembaga	merit	Kelas 1	
17	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0,002
18	Penampilan Visual		Jernih & Terang	
19	Warna		Hijau	
20	Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0.13






Lampiran 16. Pengujian Nilai Kalor

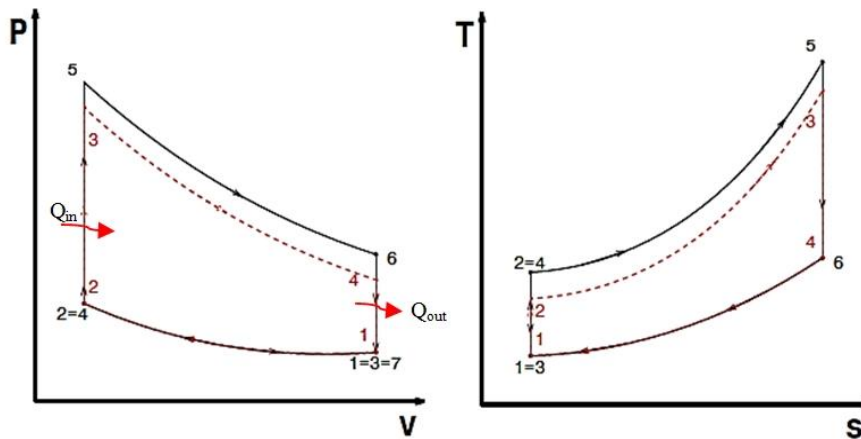
	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM <b>LABORATORIUM KIMIA</b> Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id	<b>FPO 5.10-1</b>
	<b>FORMULIR</b> JUDUL <b>LAPORAN HASIL PENGUJIAN</b>	Tgl. Terbit / Revisi : 15 Mei 2015 Halaman : 1-1 File : Silvi Wildia Hariadi

Nomor : 032/UN.32.3.7.3/LT/2015  
 Nama Pemilik : Silvi Wildia Hariadi  
 NIM : 135060209111007  
 Alamat : Jl. Mayjend Haryono 167  
 Jenis contoh : Cairan  
 Tanggal Terima Sampel : 18 Maret 2015  
 Tanggal Uji Sampel : 26 Maret 201425  
 Kondisi khusus dari contoh : tidak ada  
 Hasil Pengujian : Kadar Kalor BBM

No	Kode Sampel	Kadar Kalor (kal/gram)	Keterangan
1	Primium Ron-88	11.185	Analisis kadar kalor tersebut menggunakan metode Bomb Kalorimeter
2	Pertamax Ron-92	11.722	
3	Pertamax Plus Ron-95	12.067	

18 Mei 2015  
 Kepala Laboratorium Kimia,  
  
**Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si**  
 NIP 196705011996031002

Lampiran 17. Pendekatan Siklus Kerja dan Efisiensi Motor Bakar 6 Langkah



Pada motor bakar 6 langkah berbasis penambahan durasi difusi massa dan termal, diagram  $P-v$  dan  $T-s$  pada siklus udara ideal. Karena terjadi dua langkah kompresi (1-2 dan 3-4) juga penambahan satu langkah ekspansi difusi (2'-3). Sehingga memungkinkan untuk terjadinya penambahan durasi difusi massa campuran udara-bahan bakar (1-3) dan difusi termal antara dinding silinder ke campuran udara-bahan bakar (4-5) sebagai penambah kalor masuk pada proses pembakaran. Karena penambahan langkah tersebut, secara teroritis diperoleh peningkatan luasan kerja bersih ( $W_{net}$ ) pada diagram  $P-v$  juga  $T-s$  (Lampiran 17, diagram siklus 6 langkah berwarna hitam dan 4 langkah berwarna merah). Atau terdapat langkah penambahan kalor ideal sebagai kompensasi difusi termal dari komponen silinder ke campuran udara-bahan bakar. Sehingga diperkirakan temperatur mula pembakaran pada motor bakar 6 langkah akan lebih baik daripada motor bakar 4 langkah sehingga tekanan ekspansi juga meningkat.

Kompresi rasio ( $r$ ) dari sebuah mesin ialah rasio dari volume maksimum terhadap volume minimum yang diperoleh di dalam silinder.

$$r = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_{BDC}}{V_{TDC}} \quad [1]$$

Sementara tekanan efektif rata-rata (MEP) merupakan sebuah tekanan khayalan dimana, jika dia beroperasi dengan piston selama keseluruhan langkah kerja akan menghasilkan jumlah yang sama dengan kerja bersih yang dihasilkan selama siklus aktual.

$$W_{net} = MEP \cdot (V_{max} - V_{min}) \quad [2]$$

$$MEP = \frac{W_{net}}{V_{max} - V_{min}} = \frac{W_{net}}{V_{BDC} - V_{TDC}} \quad [3]$$

Karena nilai kerja bersih ( $W_{net}$ ) meningkat (Lampiran 17), akan diperoleh tekanan efektif rata-rata (MEP) yang lebih tinggi. Sehingga diharapkan motor bakar 6 langkah memiliki



tekanan maksimum, torsi dan daya yang lebih tinggi dari motor bakar 4 langkah dengan kompresi rasio sama.

Efisiensi termal dari siklus Otto diketahui:

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} = \frac{Q_{net}}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \quad [4]$$

Pada (Lampiran 17) diperoleh persamaan-persamaan :

1. Motor bakar 6 langkah

- Kalor Masuk (*Heat Addition*) :

Untuk mencari  $Q_{in}$ , menerapkan hukum pertama sistem tertutup ke proses 4-5,

( $V = \text{konstan}$ )

$$Q_{net,45} - W_{net,45} = \Delta U_{45} \quad [5]$$

$$W_{net,45} = W_{other,45} + W_{b,45} = 0 + \int_5^4 P dV = 0 \quad [6]$$

Sehingga, untuk kalor spesifik konstan,

$$Q_{net,45} = \Delta U_{45}$$

$$Q_{net,45} = Q_{in} = mC_v(T_5 - T_4) \quad [7]$$

- Kalor Keluar (*Heat Rejection*) :

Untuk mencari  $Q_{out}$ , menerapkan hukum pertama sistem tertutup ke proses 6-1,

( $V = \text{konstan}$ ), dilakukan formulasi [5], sehingga :

$$Q_{out} = -mC_v(T_1 - T_6) = mC_v(T_6 - T_1) \quad [8]$$

- Efisiensi termal menurut substitusi persamaan [7] dan [8] ke persamaan [4] menjadi:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{mC_v(T_6 - T_1)}{mC_v(T_5 - T_4)}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{(T_6 - T_1)}{(T_5 - T_4)} \quad [9]$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1(T_6/T_1 - 1)}{T_4(T_5/T_4 - 1)} \quad [10]$$

Mengingat proses 1-2, 2-3, 3-4 dan 5-6 adalah isentropic, maka :

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} ; \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_5}{V_4}\right)^{k-1} \text{ dan } \frac{T_5}{T_6} = \left(\frac{V_6}{V_5}\right)^{k-1} \quad [11]$$

Karena  $V_5 = V_4 = V_2$  dan  $V_6 = V_6 = V_1$ , dapat kita ketahui bahwa

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_5}{T_6} \quad [12]$$

Atau,

$$\frac{T_4}{T_5} = \frac{T_1}{T_6}$$

Efisiensi siklusnya menjadi

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1}{T_4} \quad [13]$$

Berdasarkan pendekatan di atas, apabila dibandingkan dengan siklus Otto, dengan menggunakan acuan yang sama diperoleh :

## 2. Motor bakar 4 langkah

- Kalor Masuk (*Heat Addition*) :

Untuk mencari  $Q_{in}$ , menerapkan hukum pertama sistem tertutup ke proses 2-3, ( $V = \text{konstan}$ ), dilakukan formulasi [5], sehingga :

$$Q_{net,23} = Q_{in} = mC_v(T_3 - T_2) \quad [14]$$

- Kalor Keluar (*Heat Rejection*) :

Untuk mencari  $Q_{out}$ , menerapkan hukum pertama sistem tertutup ke proses 4-1, ( $V = \text{konstan}$ ), dilakukan formulasi [5], sehingga :

$$Q_{out} = -mC_v(T_1 - T_4) = mC_v(T_4 - T_1) \quad [15]$$

Efisiensi termal menjadi menurut persamaan [5]diperoleh :

$$\eta_{th,otto} = 1 - \frac{mC_v(T_4 - T_1)}{mC_v(T_3 - T_2)}$$
$$\eta_{th,otto} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$
$$\eta_{th,otto} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{T_2(T_3/T_2 - 1)} \quad [16]$$

Mengingat proses 1-2 dan 3-4 adalah isentropic, maka

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \text{ dan } \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{k-1} \quad [17]$$

Karena  $V_3 = V_2$  dan  $V_4 = V_1$ , dapat kita ketahui bahwa

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \quad [18]$$

Atau

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$$

Efisiensi siklus Otto-nya menjadi

$$\eta_{th,otto} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad [19]$$

Dengan membandingkan persamaan [13] dan [19], juga meninjau perkiraan siklus pada (Lampiran 17) diharapkan efisiensi dari motor bakar 4 langkah dan 6 langkah yang tengah dikembangkan dapat memiliki nilai yang sama. Sementara itu pada siklus Otto karena proses 1-2 merupakan isentropic,



$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \quad [20]$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = \left(\frac{1}{r}\right)^{k-1} \quad [21]$$

Dimana kompresi rasio adalah  $r = V_1/V_2$  dan

$$\eta_{th,Otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \quad [22]$$

Dapat kita lihat bahwa peningkatan kompresi rasio meningkatkan efisiensi termis. Sementara pada motor bakar 6 langkah, dengan kompresi rasio yang sama dapat diperoleh kerja bersih yang lebih tinggi.

Dari pembahasan (Lampiran 17) meninjau perkiraan siklus aktual di atas dapat disimpulkan, karena  $V_{2(Otto)} = V_{4(6stroke)}$ ;  $T_{2(Otto)} = T_{4(6stroke)}$ ;  $T_{3(Otto)} < T_{5(6stroke)}$  dan  $T_{4(Otto)} < T_{6(6stroke)}$  dapat disimpulkan:

1. Secara aktual dengan meninjau **Error! Reference source not found.** akan terjadi peningkatan temperatur ( $T_{2(Otto)} < T_{4(6stroke)}$  secara aktual) pada fluida kerja jelang terbakar, karena tersediannya durasi difusi termal dari komponen ruang bakar ke campuran udara-bahan bakar. Sehingga dengan kompresi rasio sama antara motor bakar 4 langkah dan 6 langkah, saat tercapai temperatur kerja optimal di motor bakar 6 langkah diperoleh bahan bakar dengan temperatur tinggi hasil penyimpangan kurva isentropic (langkah 1-2 dan 3-4) yang merupakan proses difusi termal komponen ruang bakar ke campuran udara-bahan bakar. Bahan bakar dengan temperatur tinggi yang diperoleh karena proses difusi ini akan menghasilkan penyalaan prematur, dan menyebabkan *knock*. Sehingga perlu ditinjau ulang penggunaan ketetapan nilai RON bahan bakar terhadap kompresi rasio motor bakar 6 langkah.
2. Menurut Kunal Ahuja (Ahuja, Harish & Raghavan, 2015) menyebutkan bahwa dengan peningkatan pada temperatur mula dari bahan bakar maka laju massa yang terbakar juga akan meningkat. Temperatur permukaan dari bahan bakar juga mengalami peningkatan yang disebabkan oleh peningkatan temperatur mula tersebut. Dan waktu pembakaran bahan bakar akan berkurang karenanya. Sehingga mendukung kualitas pembakaran dan tekanan ekspansi yang terjadi akan lebih baik pada motor bakar dengan siklus 6 langkah.
3. Perlu dilakukan validasi antara peningkatan temperatur yang terjadi dengan gaya gesek yang berlangsung pada siklus 6 langkah. Karena mengalami luasan area kerja yang lebih panjang senilai  $3/2$  dari siklus 4 langkah Otto konvensional. Dapat dilakukan rasio perbandingan energi, antara kalor yang diberikan pada peningkatan temperatur mula terhadap rugi-rugi energi gesek yang terjadi sepanjang siklus bekerja, atau :

$$\text{rasioenergi} = \frac{EQ_{2-4}}{EF_{2-4}}$$

