LAMPIRAN

PERHITUNGAN

1. Data Sekunder Audit Energi (Data Pengukuran Spot/Aktual)

a. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) *Steam*

1) Produksi Pulp pada Tanggal 9 Februari 2016

Flow Pulp = 53,3926 adt/h

Produksi = Flow (adt/h) x 24 h/day = 53,3926 adt/h x 24 = 1281,42 adt

2) MP-*Steam* (P = 12,45 bar)

Pada Tabel *Properties of Superheated Water Vapour*, entalpi pada tekana 12,45 bar dan suhu 253,6 ^{0}C adalah sebesar 2939,49 kJ/kg setara dengan 2939,49 MJ/ton.

Konsumsi MP-*Steam* = 53,02 ton/h x 24 h/day = 1272,58 ton/day

Konsumsi MP-*steam* $= \frac{\text{Energi MP–Steam}}{\text{Produksi}} = \frac{1272{,}58\ \text{ton}}{1281{,}42\ \text{adt}} = 0{,}99$ ton/adt

IKE MP-*steam* $= \frac{\text{ton MP–Steam x hg MP–Steam}}{\text{Produksi}}$

$= \frac{1272{,}58\ \text{ton x } 2939{,}49\ \text{MJ/ton}}{1281{,}42\ \text{adt}}$

$= \frac{3740736{,}184\ \text{MJ}}{1281{,}42\ \text{adt}} = 2919{,}212$ MJ/adt = 2,92 GJ/adt

3) LP-*Steam* (P = 3,46 bar)

Pada Tabel *Properties of Superheated Water Vapour*, entalpi pada tekana 3,46 bar dan suhu 150,89 ^{0}C adalah sebesar 2759,46 kJ/kg setara dengan 2759,46 MJ/ton.

Konsumsi LP-*Steam* = 3,65 ton/h x 24 h/day = 87,56 ton/day

Konsumsi LP-*steam* $= \frac{\text{Energi LP–Steam}}{\text{Produksi}} = \frac{87{,}56\ \text{ton}}{1281{,}42\ \text{adt}} = 0{,}07$ ton/adt

IKE LP-*steam* $= \frac{\text{ton LP–Steam x hg LP–Steam}}{\text{Produksi}}$

$= \frac{87{,}56\ \text{ton x } 2759{,}46\ \text{MJ/ton}}{1281{,}42\ \text{adt}}$

$= \frac{241618{,}318\ \text{MJ}}{1281{,}42\ \text{adt}} = 188{,}56$ MJ/adt = 0,189 GJ/adt

Dengan perhitungan yang sama untuk intensitas konsusmsi energi (IKE) *Steam* lainnya dapat dilihat pada tabel 26.

Tabel 26. Data Aktual Intensitas Konsumsi Energi *Steam* Area *Pulp Machine* Pada Bulan Februari – Maret 2016

Tanggal	Produksi	Konsumsi Energi Pada Pulp Machine							
	Pulp Machine	MP Steam				LP Steam			
	adt	ton	t/adt	MJ	GJ/adt	ton	t/adt	MJ	GJ/adt
09-Feb	1291,41	1267,69	0,98	3726354,73	2,89	54,06	0,04	149183,31	0,12
10-Feb	1289,18	1232,69	0,96	3623472,58	2,81	56,02	0,04	154572,88	0,12
11-Feb	1095,27	1259,00	1,15	3700817,91	3,38	57,55	0,05	158819,86	0,15
16-Feb	319,31	1177,53	3,69	3461341,33	10,84	50,40	0,16	139072,47	0,44
17-Feb	1458,50	1080,78	0,74	3176945,68	2,18	53,13	0,04	146596,31	0,10
18-Feb	1452,66	1063,94	0,73	3127433,64	2,15	45,77	0,03	126288,41	0,09
23-Feb	1451,76	999,41	0,69	2937744,68	2,02	65,38	0,05	180421,26	0,12
24-Feb	1415,05	1001,25	0,71	2943164,36	2,08	63,16	0,04	174277,15	0,12
25-Feb	197,68	978,97	4,95	2877668,85	14,56	60,92	0,31	168111,48	0,85
01-Mar	1455,75	835,69	0,57	2456495,05	1,69	50,92	0,03	140516,88	0,10
02-Mar	1444,06	1050,16	0,73	3086923,80	2,14	49,31	0,03	136075,87	0,09
03-Mar	1444,87	1009,69	0,70	2967966,31	2,05	51,49	0,04	142090,63	0,10
Rata-rata	1192,96	1079,73	1,38	3173860,74	4,07	54,84	0,07	151335,54	0,20

b. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik

1) Pengukuran Online (DCS)

Konsumsi energi listrik *Rescreening* pada 19 Februari 2016 dengan produksi *pulp* sebesar 1343,52 adt. Produksi tertinggi

Bleach HDT Pulp Tower #2 *Agitator*

Formula Power = % bukaan valve x desain (kW)

= 85% x 90 kW = 76,5 kW

Konsumsi energi listrik area *Rescreening* pada 25 Februari 2016 dengan produksi *pulp* sebesar 197,68 adt.

Bleach HDT Pulp Tower #2 *Agitator*

Formula Power = % bukaan valve x desain (kW)

= 65% x 90 kW = 58,5 kW

2) Pengukuran Spot (Aktual)

Konsumsi energi listrik aktual area *Rescreening* pada 19 Februari 2016.

Bleach HDT Pulp Tower #2 *Agitator*

Daya Aktif 3-*phase* = V x I x √3 x cos φ

= 380 V x 165 A x √3 x 0,8 = 868797 Watt = 86,8797kW

Konsumsi energi listrik aktual area *Rescreening* pada 25 Februari 2016.

Bleach HDT Pulp Tower #2 *Agitator*

Daya Aktif 3-*phase* = V x I x √3 x cos φ

= 380 V x 165 A x √3 x 0,8 = 868797 Watt = 86,8797kW

3) IKE Listrik

Bleach HDT Pulp Tower #2 *Agitator* DCS Pada 19 Februari 2016

$$\text{IKE Listrik} = \frac{\text{kW x 24 h/day}}{\text{Produksi}}$$

$$= \frac{76{,}5\ \text{kW x 24 h/day}}{1343{,}52\ \text{adt}} = \frac{1836\ \text{kWh}}{1343{,}52\ \text{adt}} = 1{,}3666\ \text{kWh/adt}$$

Bleach HDT Pulp Tower #2 *Agitator* DCS Pada 25 Februari 2016

$$\text{IKE Listrik} = \frac{\text{kW x 24 h/day}}{\text{Produksi}}$$

$$= \frac{58{,}5\ \text{kW x 24 h/day}}{197{,}68\ \text{adt}} = \frac{1404\ \text{kWh}}{197{,}68\ \text{adt}} = 7{,}1024\ \text{kWh/adt}$$

Dengan perhitungan yang sama untuk intensitas konsusmsi energi (IKE) Listrik lainnya dapat dilihat pada tabel 27, 28 dan 29.

Tabel 27. Konsumsi Energi Listrik Area *Rescreening* Pada 19 Februari 2016

No	Peralatan	Desain			Pengukuran					
					Online (DCS)			Spot (Aktual)		
		kW	kWh	kWh/adt	kW	kWh	kWh/adt	kW	kWh	kWh/adt
1	Bleach HDT Pulp Tower #2 Agitator	90	2160	1,6077	76,5	1836	1,3666	86,8797	2085,1120	1,5520
2	Stock Preparation Feed Pump	160	3840	2,8582	160	3840	2,8582	157,4365	3778,4758	2,8124
3	LC Tank Agitator	90	2160	1,6077	90	2160	1,6077	87,9657	2111,1759	1,5714
4	Primary Screen Feed Pulp Pump	500	12000	8,9318	290	6960	5,1804	498,8306	11971,9352	8,9109
5	Primary Screen #4	250	6000	4,4659	250	6000	4,4659	243,7896	5850,9508	4,3549
6	Secondary Screen Feed Pulp Pump	30	720	0,5359	30	720	0,5359	29,5193	708,4642	0,5273
7	Secondary Screen	250	6000	4,4659	250	6000	4,4659	243,7896	5850,9508	4,3549
8	Tertiary Screen Feed Pulp Pump	15	360	0,2680	15	360	0,2680	14,5129	348,3085	0,2593
9	Tertiary Screen	90	2160	1,6077	90	2160	1,6077	89,5124	2148,2973	1,5990
10	Primary Cleaners Dilution Tank Agitator	11	264	0,1965	9,13	219,12	0,1631	10,5967	254,3205	0,1893
11	Primary Cleaners Feed Pump	132	3168	2,3580	125,4	3009,6	2,2401	130,0562	3121,3495	2,3233
12	Primary Reverse Cleaners Feed Pump	110	2640	1,9650	60,5	1452	1,0807	108,6720	2608,1276	1,9413
13	Barrier Screen	90	2160	1,6077	72	1728	1,2862	74,2426	1781,8230	1,3262
14	Secondary Cleaners	30	720	0,5359	24	576	0,4287	28,3346	680,0309	0,5062
15	Tertiary Cleaners Feed Pump	15	360	0,2680	10,5	252	0,1876	14,5622	349,4932	0,2601
16	Secondary Reverse Cleaners Feed Pump	75	1800	1,3398	33,75	810	0,6029	68,1874	1636,4970	1,2181
17	Tertiary Reverse Cleaners Feed Pump	30	720	0,5359	24	576	0,4287	28,3346	680,0309	0,5062
18	Broke Storage Tower Agitator	30	720	0,5359	23,7	568,8	0,4234	28,1043	674,5022	0,5020
19	Broke Feed Pump	55	1320	0,9825	55	1320	0,9825	51,8316	1243,9589	0,9259

Tabel 28. Konsumsi Energi Listrik Area *Wet End* Pada 19 Februari 2016

No	Wet End	Desain			Pengukuran					
					Online (DCS)			Spot (Aktual)		
		kW	kWh	kWh/adt	kW	kWh	kWh/adt	kW	kWh	kWh/adt
1	Wet End Pulper Break Dilution Pump	132	3168	2,3580	132	3168	2,3580	130,0562	3121,3495	2,3233
2	Dry End Pulper Break Dilution Pump	132	3168	2,3580	125,4	3009,6	2,2401	128,4305	3082,3327	2,2942
3	White Water Tower Transfer Pump	37	888	0,6610	37	888	0,6610	36,5290	876,6948	0,6525
4	Cleaners Dilution White Water Tower	110	2640	1,9650	110	2640	1,9650	105,3087	2527,4085	1,8812
5	Pulp Dilution White Water Tower	355	8520	6,3416	280,45	6730,8	5,0098	349,1814	8380,3546	6,2376
6	White Water Chest Recirculation Pump	18,5	444	0,3305	15,725	377,4	0,2809	18,2447	437,8735	0,3259
7	Fiber Recovery Sump Pump	37	888	0,6610	37	888	0,6610	36,5290	876,6948	0,6525
8	Machine Chest Agiator	37	888	0,6610	25,9	621,6	0,4627	34,0937	818,2485	0,6090
9	Machine Chest Discharge Pump	200	4800	3,5727	200	4800	3,5727	197,9803	4751,5281	3,5366
10	Fan Pump	400	9600	7,1454	260	6240	4,6445	398,0668	9553,6043	7,1109
11	Seal Water Pump #2	2,2	52,8	0,0393	2,2	52,8	0,0393	2,2033	52,8781	0,0394
13	Headox Front Wall Adjusment	3	72	0,0536	3	72	0,0536	2,5011	60,0260	0,0447
14	Breast Roll Movement	4	96	0,0715	4	96	0,0715	3,9491	94,7778	0,0705
15	Wire Drive Press Roll	315	7560	5,6270	315	7560	5,6270	294,8643	7076,7439	5,2673
16	Wire Drive Roll	110	2640	1,9650	110	2640	1,9650	102,6760	2464,2233	1,8342
17	Flat Boxes Vacuum Pump	400	9600	7,1454	380	9120	6,7881	399,0645	9577,5481	7,1287
18	Suction Roll Press Zone Vacuum Pump	400	9600	7,1454	400	9600	7,1454	394,0762	9457,8288	7,0396
19	Suction Roll Press Zone Vacuum Pump	250	6000	4,4659	250	6000	4,4659	243,7896	5850,9508	4,3549
20	Pick-up & 2nd Press UHLE Box Vacuum Pump	250	6000	4,4659	250	6000	4,4659	243,7896	5850,9508	4,3549

21	3rd Press Top/Bottom UHLE Box Vacuum Pump	250	6000	4,4659	250	6000	4,4659	243,7896	5850,9508	4,3549
22	Fourdrinier Suction Box Vacuum Blower	110	2640	1,9650	110	2640	1,9650	108,6720	2608,1276	1,9413
23	2nd Press Bottom Felt Separator Pump	7,5	180	0,1340	3,15	75,6	0,0563	7,1412	171,3899	0,1276
24	Cooling Tower Fan	11	264	0,1965	3,85	92,4	0,0688	10,8040	259,2963	0,1930
25	Cooling Tower Feed Pump	5,5	132	0,0982	5,5	132	0,0982	4,7389	113,7334	0,0847
26	5 % NaOH Feed Pump	0,18	4,32	0,0032	0,18	4,32	0,0032	0,1632	3,9175	0,0029
27	WET and Broke Pulper #2 Agitator	90	2160	1,6077	90	2160	1,6077	86,8797	2085,1120	1,5520
28	WET and Broke Pulper Discharge Pump	355	8520	6,3416	355	8520	6,3416	312,8084	7507,4010	5,5879
29	White Water Filter Feed Pump	30	720	0,5359	30	720	0,5359	28,3346	680,0309	0,5062
30	LP White Water Shower Feed Pump	11	264	0,1965	11	264	0,1965	10,2742	246,5803	0,1835
31	HP Hot Water Shower Feed Pump	37	888	0,6610	37	888	0,6610	35,5417	853,0004	0,6349
32	MP Hot Water Shower Feed Pump	75	1800	1,3398	75	1800	1,3398	73,2883	1758,9184	1,3092
33	LP Hot Water Shower Feed Pump	30	720	0,5359	30	720	0,5359	28,4333	682,4003	0,5079
34	Edge Trimming HP Pump #2	30	720	0,5359	28,5	684	0,5091	28,0779	673,8703	0,5016
35	Knock Off Shower Feed Pump	75	1800	1,3398	75	1800	1,3398	70,7016	1696,8389	1,2630
36	Head Box Dilution Pump	90	2160	1,6077	38,7	928,8	0,6913	89,5124	2148,2973	1,5990
37	White Water Screen	1	24	0,0179	0,95	22,8	0,0170	0,8984	21,5620	0,0160
38	Press Filtrate Tank Discharge Pump	45	1080	0,8039	26,55	637,2	0,4743	42,3867	1017,2819	0,7572
39	Pick-up Suction Roll 1 Separator Pump	4	96	0,0715	0,72	17,28	0,0129	3,6200	86,8797	0,0647
40	Pick-up Suction Roll 2 Separator Pump	5,5	132	0,0982	0,55	13,2	0,0098	5,0680	121,6315	0,0905
41	3rd press Bottom Felt Separator Pump	4	96	0,0715	4	96	0,0715	3,6858	88,4593	0,0658
42	Overhead Crane 70T Hoist	30	720	0,5359	30	720	0,5359	28,1372	675,2920	0,5026
43	Overhead Crane #2 35T Hoist	15	360	0,2680	15	360	0,2680	13,2623	318,2955	0,2369
44	Overhead Crane #3 Trolley 1 Drive	1,8	43,2	0,0322	1,8	43,2	0,0322	1,6882	40,5175	0,0302

45	Brigde and Truck #2	3,7	88,8	0,0661	3,7	88,8	0,0661	3,6364	87,2746	0,0650
47	Overhead Crane #3 Trolley 2 Drive	1,8	43,2	0,0322	1,8	43,2	0,0322	1,5006	36,0156	0,0268
48	Blow Box Lifting Air Compresor	22	528	0,3930	22	528	0,3930	21,1934	508,6410	0,3786

Tabel 29. Konsumsi Energi Listrik Area *Dryer* Pada 19 Februari 2016

No	Drying	Desain			Pengukuran					
					Online (DCS)			Spot (Aktual)		
		kW	kWh	kWh/adt	kW	kWh	kWh/adt	kW	kWh	kWh/adt
1	Pulp Dryer #2 Movable Service Platform	4	96	0,0715	4	96	0,0715	3,5937	86,2478	0,0642
2	Pulp Dryer #104 Air Circulation Fan	15	360	0,2680	15	360	0,2680	14,8090	355,4168	0,2645
3	Turning Rolls #2 Stack Drive	30	720	0,5359	30	720	0,5359	29,3778	705,0680	0,5248
4	Dryer Tape Pulleys Drive	30	720	0,5359	25,5	612	0,4555	29,7497	713,9929	0,5314
5	Sheet Guide Hydraulic Unit Oil Pump	5	120	0,0893	5	120	0,0893	0,5265	12,6370	0,0094
6	Dryer Vacuum Cleaning Unit	30	720	0,5359	30	720	0,5359	28,4333	682,4003	0,5079
7	Dryer Supply Fan #2	110	2640	1,9650	110	2640	1,9650	96,2916	2310,9992	1,7201
8	Dryer Exhaust Fan #2	160	3840	2,8582	160	3840	2,8582	156,9099	3765,8387	2,8030
9	Condensate Return Pump #2	30	720	0,5359	30	720	0,5359	28,3346	680,0309	0,5062
10	Dryer Colling Fan #15	15	360	0,2680	15	360	0,2680	13,4993	323,9822	0,2411
11	Dryer Pull Roll	30	720	0,5359	30	720	0,5359	29,7497	713,9929	0,5314
12	Dryer Dry End Tail Cutter Pump	7,5	180	0,1340	7,5	180	0,1340	7,1412	171,3899	0,1276

2. Data Sekunder Audit Energi (Data Pengukuran Online/DCS)

Intensitas Konsumsi Energi *Pulp Machine* 1 Januari 2016

1) MP-*Steam* (P = 12,45 bar)

Pada Tabel *Properties of Superheated Water Vapour,* entalpi pada tekana 12,45 bar dan suhu 253,6 ^{0}C adalah sebesar 2939,49 kJ/kg setara dengan 2939,49 MJ/ton.

Konsumsi MP-*Steam* = 1343,44 ton

Konsumsi MP-*steam* $= \frac{\text{Energi MP-Steam}}{\text{Produksi}} = \frac{1343{,}44\ \text{ton}}{1339{,}59\ \text{adt}} = 1{,}0$ ton/adt

IKE MP-*steam* $= \frac{\text{ton MP-Steam x hg MP-Steam}}{\text{Produksi}}$

$= \frac{1343{,}44\ \text{ton x } 2939{,}49\ \text{MJ/ton}}{1339{,}59\ \text{adt}}$

$= \frac{3949028{,}446\ \text{MJ}}{1339{,}59\ \text{adt}} = 2947{,}938$ MJ/adt = 2,95 GJ/adt

2) LP-*Steam* (P = 3,46 bar)

Pada Tabel *Properties of Superheated Water Vapour,* entalpi pada tekana 3,46 bar dan suhu 150,89 ^{0}C adalah sebesar 2759,46 kJ/kg setara dengan 2759,46 MJ/ton.

Konsumsi LP-*Steam* = 88,33 ton

Konsumsi LP-*steam* $= \frac{\text{Energi LP-Steam}}{\text{Produksi}} = \frac{88{,}33\ \text{ton}}{1339{,}59\ \text{adt}} = 0{,}07$ ton/adt

IKE LP-*steam* $= \frac{\text{ton LP-Steam x hg LP-Steam}}{\text{Produksi}}$

$= \frac{88{,}33\ \text{ton x } 2759{,}46\ \text{MJ/ton}}{1339{,}59\ \text{adt}}$

$= \frac{243743{,}102\ \text{MJ}}{1339{,}59\ \text{adt}} = 181{,}95$ MJ/adt = 0,18 GJ/adt

Dengan perhitungan yang sama untuk intensitas konsusmsi energi (IKE) *Steam* lainnya dapat dilihat pada tabel 31 dan 32.

Tabel 30. Intensitas Konsumsi Energi *Steam* Area *Pulp Machine* Pada Bulan Januari 2016

Tanggal	Produksi	Utilitas Konsumsi Steam					
	Pulp	Pulp Machine					
		MP-*Steam*			LP-*Steam*		
	Adt	ton	MJ	GJ/adt	ton	MJ	GJ/adt
01-Jan	1339,59	1343,44	3949028,45	2,95	88,33	243743,10	0,18
02-Jan	1317,19	1277,25	3754463,60	2,85	86,29	238113,80	0,18
03-Jan	1310,87	1275,13	3748231,88	2,86	83,11	229338,72	0,17
04-Jan	1404,56	1425,06	4188949,62	2,98	80,70	222688,42	0,16
05-Jan	1477,07	1496,69	4399505,29	2,98	77,42	213637,39	0,14
06-Jan	1449,18	1473,19	4330427,27	2,99	79,30	218825,18	0,15
07-Jan	1356,42	1316,31	3869280,08	2,85	85,27	235299,15	0,17
08-Jan	1330,24	1303,63	3832007,35	2,88	81,29	224316,50	0,17
09-Jan	1443,87	1444,69	4246651,81	2,94	82,45	227517,48	0,16
10-Jan	1431,61	1456,25	4280632,31	2,99	83,55	230552,88	0,16
11-Jan	1347,95	1493,94	4391421,69	3,26	83,82	231297,94	0,17
12-Jan	1359,31	1438,25	4227721,49	3,11	84,55	233312,34	0,17
13-Jan	253,42	463,50	1362453,62	5,38	53,94	148845,27	0,59
14-Jan	1232,64	1317,00	3871308,33	3,14	64,59	178233,52	0,14
15-Jan	1132,54	1189,50	3496523,36	3,09	57,73	159303,63	0,14
16-Jan	1059,97	1108,31	3257866,16	3,07	60,59	167195,68	0,16
17-Jan	1191,81	1171,25	3442877,66	2,89	61,70	170258,68	0,14
18-Jan	860,13	995,31	2925703,79	3,40	59,89	165264,06	0,19
19-Jan	1433,54	1561,00	4588543,89	3,20	72,46	199950,47	0,14
20-Jan	1419,31	1494,06	4391774,43	3,09	74,25	204889,91	0,14
21-Jan	1415,88	1455,44	4278251,33	3,02	72,84	200999,07	0,14
22-Jan	1451,14	1464,88	4306000,11	2,97	73,75	203510,18	0,14
23-Jan	1426,32	1498,31	4404267,26	3,09	74,66	206021,28	0,14
24-Jan	1451,36	1519,25	4465820,18	3,08	72,65	200474,77	0,14
25-Jan	1427,01	1516,81	4458647,83	3,12	71,67	197770,50	0,14
26-Jan	1341,76	1444,50	4246093,31	3,16	72,84	200999,07	0,15
27-Jan	1465,91	1509,56	4437336,52	3,03	76,06	209884,53	0,14
28-Jan	1448,82	1532,31	4504209,92	3,11	75,91	209470,61	0,14
29-Jan	1466,04	1554,13	4568349,59	3,12	78,60	216893,56	0,15
30-Jan	1376,58	1461,19	4295153,39	3,12	77,03	212561,20	0,15
31-Jan	1463,99	1490,13	4380222,23	2,99	76,51	211126,28	0,14
Total	40886,03	42490,25	124899723,76	96,71	2323,74	6412295,18	5,23
Rata-rata	1318,90	1370,65	4029023,35	3,12	74,96	206848,23	0,17

Tabel 31. Intensitas Konsumsi Energi *Steam* Area *Pulp Machine* Pada Bulan Februari 2016

Tanggal	Produksi	Utilitas Konsumsi Steam					
	Pulp	Pulp Machine					
		MP-*Steam*			LP-*Steam*		
	adt	ton	MJ	GJ/adt	ton	MJ	GJ/adt
01-Feb	1361,23	1365,19	4012962,35	2,95	75,09	207207,85	0,15
02-Feb	1284,68	1306,50	3840443,69	2,99	72,54	200171,23	0,16
03-Feb	1056,14	1198,75	3523713,64	3,34	76,95	212340,45	0,20
04-Feb	1291,43	1353,44	3978423,35	3,08	77,64	214244,47	0,17
05-Feb	1048,76	1195,56	3514336,66	3,35	81,05	223654,23	0,21
06-Feb	1261,47	1336,19	3927717,14	3,11	77,36	213471,83	0,17
07-Feb	749,63	860,81	2530342,39	3,38	71,50	197301,39	0,26
08-Feb	1160,19	1248,94	3671246,64	3,16	66,14	182510,68	0,16
09-Feb	1291,41	1267,69	3726362,08	2,89	80,16	221198,31	0,17
10-Feb	1289,18	1232,69	3623479,93	2,81	77,91	214989,53	0,17
11-Feb	1095,27	1259,00	3700817,91	3,38	79,55	219515,04	0,20
12-Feb	1323,07	1329,81	3908963,20	2,95	78,46	216507,23	0,16
13-Feb	1311,20	1386,50	4075602,89	3,11	81,56	225061,56	0,17
14-Feb	1321,40	1306,06	3839150,31	2,91	80,79	222936,77	0,17
15-Feb	978,98	1089,31	3202015,85	3,27	81,63	225254,72	0,23
16-Feb	319,31	538,13	1581827,75	4,95	10,56	29139,90	0,09
17-Feb	1458,50	1566,31	4604152,58	3,16	10,56	29139,90	0,02
18-Feb	1452,66	1565,06	4600478,22	3,17	10,56	29139,90	0,02
19-Feb	1343,52	1416,44	4163611,22	3,10	44,01	121443,83	0,09
20-Feb	1397,73	1417,19	4165815,83	2,98	42,48	117221,86	0,08
21-Feb	796,80	916,19	2693131,34	3,38	32,23	88937,40	0,11
22-Feb	1234,80	1378,38	4051734,23	3,28	45,82	126438,46	0,10
23-Feb	1451,76	1569,00	4612059,81	3,18	40,82	112641,16	0,08
24-Feb	1415,05	1524,31	4480694,00	3,17	37,54	103590,13	0,07
25-Feb	197,68	413,31	1214920,61	6,15	14,30	39460,28	0,20
26-Feb	1088,54	1095,19	3219300,05	2,96	52,58	145092,41	0,13
27-Feb	950,95	1092,19	3210481,58	3,38	49,86	137586,68	0,14
28-Feb	1035,97	1255,50	3690529,70	3,56	47,74	131736,62	0,13
29-Feb	1286,36	1445,06	4247739,42	3,30	50,30	138800,84	0,11
01-Mar	1455,75	1543,94	4538396,19	3,12	48,30	133281,92	0,09
02-Mar	1444,06	1512,88	4447095,63	3,08	50,98	140677,27	0,10
03-Mar	1444,87	1482,31	4357235,42	3,02	54,44	150225,00	0,10
04-Mar	1399,28	1416,88	4164904,59	2,98	56,57	156102,65	0,11
05-Mar	1467,56	1519,94	4467848,43	3,04	58,05	160186,65	0,11
06-Mar	1368,31	1330,94	3912284,82	2,86	62,63	172824,98	0,13
07-Mar	1277,47	1230,81	3617953,69	2,83	61,63	170065,52	0,13
Total	43110,95	45966,38	135117773,14	117,30	2040,30	5630098,64	4,91
Rata-rata	1197,53	1276,84	3753271,48	3,26	56,67	156391,63	0,14

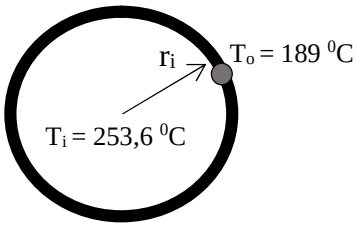
3. Peluang Penghematan Energi

a. Rugi Panas Instalasi Pemipaan

Jalur pipa *bridge* MP *steam*

T_s = 253,6 ^{0}C

Pipa tanpa isolasi



Pipa steel 12,75 in schedule No. 30

Pada tabel dimensions of steel pipe Donal Q.Kern,

OD = 12,75 in = 0,324 m r_0 = 0,162 m

ID = 12,09 in = 0,307 m r_i = 0,1535 m

p = 1 m

T = 189 ^{0}C

k_{steel} = 42,54 W/m.^{0}C

$$Rth = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL} = \frac{\ln(0{,}162\,m/0{,}1535\,m)}{2 \times 3{,}14 \times 42{,}54 \frac{W}{m}.^0C \times 1\,m} = \frac{\ln(1{,}0554)}{267{,}1512} = 0{,}000202\ ^0C/W$$

$$Q_{konduksi} = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{(253{,}6 - 189)^0C}{0{,}000202 \frac{^0C}{W}} = 320210{,}1\ W$$

$$Q_{konduksi} = 320{,}2101\ kW \times \frac{860{,}42\ kkal/jam}{kW} = 275515{,}145\ kkal/jam$$

Entalpi pada tekanan 12,45 bar adalah sebesar 2939,49 kJ/kg = 705,48 kkal/kg.

Entalpi pada tekanan 3,46 bar adalah sebesar 2759,46 kJ/kg = 662,27 kkal/kg.

$$Eq.Steam = \frac{Total\ Hs}{350 \frac{hari}{thn} \times hg\ Steam} = \frac{2314{,}327\ Gkal/thn}{350 \frac{hari}{thn} \times 705{,}5\ kkal/kg} = 9372{,}86\ kg/hari$$

$$Eq.Solar = \frac{Total\ Hs}{GCV\ Solar \times \eta\ boiler} = \frac{2314{,}327\ Gkal/thn}{9240\ kkal/liter \times 0{,}8} = 313085{,}4\ liter/thn$$

Dengan perhitungan yang sama untuk rugi panas jalur instalasi pemipaan lainnya dapat dilihat pada Tabel 33.

Tabel 32. Rugi Panas Pipa Tanpa Isolasi

No	Lokasi	Rth non isolasi (^{0}C.W)	Q kond (kkal/jam)	Penghematan Setara Steam (kg/hari)	Setara Solar pertahun (liter/thn)
1	Jalur Pipa *bridge* MP *steam*	0,000202	275515,15	9372,86	313085,39
2	Jalur Pipa LP *steam*	0,000364	73001,94	2645,52	82956,75
Total Keseluruhan Rugi Panas Pipa Tanpa Isolasi			**348517,09**	**12018,38**	**396042,14**

b. *Flash Steam Condensate*

Flash Steam Condensate dari MP-*Steam Pulp Dryer* Pada 04 Maret 2016

Condensate Load (m_c) = 45,95 ton/h

Temperature Condensate = 125 ^{0}C

Tekanan *Flash Steam* = 1,01 bar

Pada Modul Termodinamika Teknik 1 dapat diperoleh data sebagai berikut:

Specific enthalpy condensate (h_c) = 525,01 kJ/kg = 525,01 MJ/ton

Specific enthalpy steam (h_{fc}) = 418,45 kJ/kg = 418,45 MJ/ton

Latent heat Flash steam (h_{fg}) = 2257,37 kJ/kg = 2257,37 MJ/ton

Flow rate Flash Steam (m_{fs}) = $\frac{m_c\,(h_c - h_{fc})}{h_{fg}}$

$$= \frac{45{,}95\,\frac{\text{ton}}{\text{h}}\,(525{,}01 - 418{,}45)\ \text{MJ/ton}}{2257{,}37\ \text{MJ/ton}} = 2{,}169\ \text{ton/h}$$

Panas steam (Q_{fs}) = m_{fs} x h_{fg} = 2,169 $\frac{\text{ton}}{\text{h}}$ x 2257,37 $\frac{\text{MJ}}{\text{ton}}$ x 0,24 $\frac{\text{Mkal}}{\text{MJ}}$ = 1175,14 $\frac{\text{Mkal}}{\text{h}}$

Dengan perhitungan yang sama untuk *flash steam condensate* lainnya dapat dilihat pada tabel 36.

Tabel 33. *Flash Steam Condensate* dari MP-*Steam Pulp Dryer*

waktu	*Flow* (ton/h)	*Tc* (^{0}C)	Pfs (bar)	hc (MJ/ton)	hfc (MJ/ton)	hfg (MJ/ton)	mfs (ton/h)	Panas (Mkal/h)
8:00	45,95	125	1,01	525,01	418,45	2257,37	2,169	1175,14
10:00	46,43	125	1,01	525,01	418,45	2257,37	2,192	1187,42
12:00	46,67	127	1,01	533,53	418,45	2257,37	2,379	1288,99
14:00	46,91	128	1,01	537,79	418,45	2257,37	2,480	1343,58
16:00	46,62	126	1,01	529,27	418,45	2257,37	2,289	1239,94
Rata-rata	46,52	126,20	1,01	530,12	418,45	2257,37	2,302	1247,01

c. Pemanfaatan *Water Output Flash Tank*

Tabel 34. Data PPE Pemanfaatan Keluaran *Water Output Dryer Flash Tank*

Waktu	Flow (t/h)	Temp(^{O}C)
8:00	43,781	74
10:00	44,238	74
12:00	44,291	74
14:00	44,430	74
16:00	44,331	74
Rata-rata	44,214	74

LAMPIRAN

LAPORAN BIAYA ENERGI

1. Laporan Biaya Konsumsi Energi

Laporan konsumsi energi ini digunakan untuk melihat perbandingan sebelum dan setelah penghematan dilakukan pada produksi 1343,52 adt.

a. Konsumsi *Steam*

1) Pusat Energi LP-*Steam* digunakan pada Unit *White Water Silo* dan *Steam Box*

Konsumsi LP-*Steam* sebesar 44,01 ton/hari

Peluang Penghematan Energi (PPE) Akibat Rugi Panas Pipa Tanpa Isolasi Jalur Konsumsi LP-*Steam* sebesar 2645,517 kg/hari = 2,646 ton/hari

Sehingga jika PPE ini diimplementasikan,

Konsumsi LP-*Steam* = 44,01 ton/hari – 2,646 ton/hari = 41,364 ton/hari

Penurunan LP-Steam/tahun = 2,646 ton/hari x 350 hari/thn = 925,931 ton/thn

Persentase Penghematan = $\frac{\text{Penurunan Konsumsi}}{\text{Konsumsi Pra Penghematan}}$ x 100% = $\frac{2{,}646\ \text{ton}}{44{,}01\ \text{ton}}$ x 100% = 6,01%

2) Pusat Energi MP-*Steam* digunakan pada Unit *Dryer* dan *White Water Chest*.

Konsumsi MP-*Steam* sebesar 1416,44 ton/hari

Peluang Penghematan Energi (PPE) Akibat Rugi Panas Pipa Tanpa Isolasi Jalur Konsumsi MP-*Steam* sebesar 9372,858 kg/hari = 9,372 ton/hari

Sehingga jika PPE ini diimplementasikan,

Konsumsi MP-*Steam* = 1416,44 ton/hari – 9,372 ton/hari = 1407,067 ton/hari

Penurunan MP-Steam/tahun = 9,372 ton/hari x 350 hari/thn = 3280,5 ton/thn

Persentase Penghematan = $\frac{\text{Penurunan Konsumsi}}{\text{Konsumsi Pra Penghematan}}$ x 100% = $\frac{9{,}372\ \text{ton}}{1416{,}44\ \text{ton}}$ x 100% = 0,66%

b. Konsumsi Setara Bahan Bakar Solar

Konsumsi LP-*Steam* setara Solar = $\frac{\text{kg LPSteam x h LP Steam}}{\text{GCV Solar x } \eta \text{ boiler}}$

$= \frac{44010\ \text{kg} \times 662{,}27\ \text{kkal/kg}}{9240\ \text{kkal/liter} \times 0{,}8} = 3942{,}98$ liter

PPE Setara Solar = $\frac{\text{kg LPSteam x h LPSteam}}{\text{GCV Solar x } \eta \text{ boiler}} = \frac{2646\ \text{kg} \times 662{,}27\ \text{kkal/kg}}{9240\ \text{kkal/liter} \times 0{,}8} = 237{,}02$ liter

Konsumsi MP-*Steam* setara Solar = $\frac{\text{kg MPSteam x h MPSteam}}{\text{GCV Solar x } \eta \text{ boiler}}$

$$= \frac{1416440\ \text{kg} \times 705{,}48\ \text{kkal/kg}}{9240\ \text{kkal/liter} \times 0{,}8} = 139125{,}621\ \text{liter}$$

PPE Setara Solar = $\frac{\text{kg MPSteam} \times \text{h MPSteam}}{\text{GCV Solar} \times \eta\ \text{boiler}} = \frac{9370\ \text{kg} \times 705{,}48\ \text{kkal/kg}}{9240\ \text{kkal/liter} \times 0{,}8} = 894{,}53\ \text{liter}$

Sehingga jika PPE diimplementasikan,

Konsumsi LP-*Steam* Setara Solar = (3942,98 – 237,02) liter/hari = 3705,96 liter/hari

Konsumsi MP-*Steam* Setara Solar = (135182,642 – 894,53) liter/hari = 134288,113 liter/hari

Total Konsumsi Setara Solar = (3942,98 + 135182,642) liter/hari = 139125,621 liter/hari

Total Penghematan *Steam* Setara Solar = (237,02 + 894,53) liter/hari = 1131,55 liter/hari

Penghematan pertahun setara solar = 1131,55 liter/hari x 350 hari/thn = 396042,138 liter/thn

Persentase Penghematan = $\frac{\text{Penurunan Konsumsi}}{\text{Konsumsi Pra Penghematan}} \times 100\% = \frac{1131{,}55\ \text{liter}}{139125{,}621\ \text{liter}} \times 100\% = 0{,}81\%$

c. Biaya Energi

Harga Solar Industri = Rp 6.000,-/liter

LP-*Steam* Setara Solar Pra Penghematan = 3942,98 liter x Rp 6.000,-/liter = Rp 23.657.876,-

LP-*Steam* Setara Solar Pasca Penghematan = 3705,96 liter x Rp 6.000,-/liter = Rp 22.235.760,-

Penghematan Biaya per hari = Rp 23.657.876 – Rp 22.235.760 = Rp 1.422.116,-

MP-*Steam* Setara Solar Pra Penghematan = 135182,64 liter x Rp 6.000,-/liter = Rp 811.095.853,-

MP-*Steam* Setara Solar Pasca Penghematan = 134288,11 liter x Rp 6.000,-/liter = Rp 805.728.675,-

Penghematan Biaya per hari = Rp 811.095.853 – Rp 805.728.675 = Rp 5.367.178,-

Total Penghematan Biaya per hari = Rp 1.422.116 + Rp 5.367.178 = Rp 6.789.294,-

Penghematan Biaya per tahun = Rp 6.789.294/hari x 350 hari/tahun = Rp 2.376.252.827,-

Dengan perhitungan yang sama untuk Laporan Biaya Konsumsi Energi lainnya dapat dilihat pada tabel 35 dan tabel 36.

Tabel 35. Laporan Biaya Konsumsi Energi *Pulp Dryer* dengan PPE Perbaikan Isolasi Pipa

No	Pusat Biaya Energi	Konsumsi Steam (ton)		Konsumsi Setara Solar (liter)		Biaya Energi (Rp)	
		Pra Penghematan	Pasca Penghematan	Pra Penghematan	Pasca Penghematan	Pra Penghematan	Pasca Penghematan
1	White Water Silo	44,01	41,364	3942,98	3705,96	23.657.876	22.235.760
2	Steam Box						
3	Dryer	1416,44	1407,067	135182,64	134288,11	811.095.853	805.728.675
4	White Water Chest						
Total		LP Steam	MP Steam	139125,62	137994,07	834.753.729	827.964.435
Penurunan		2,646	9,373	1131,549		6.789.294	
Persentase Penghematan		6,01%	0,66%	0,81%		0,81%	
Penghematan pertahun		925,931	3280,500	396042,138		Rp 2.376.252.827,-	

Tabel 36. Laporan Biaya Konsumsi Energi *Pulp Dryer* dengan PPE Optimasi *Flash Steam Condensate* dari *Dryer Flash Tank*

No	Pusat Biaya Energi	Konsumsi Steam (ton)		Konsumsi Setara Solar (liter)		Biaya Energi (Rp)	
		Pra Penghematan	Pasca Penghematan	Pra Penghematan	Pasca Penghematan	Pra Penghematan	Pasca Penghematan
1	White Water Silo	44,01	-11,232	3942,98	-1006,298	23.657.876	-6.037.789
2	Steam Box						
3	Dryer	1416,44	1416,44	135182,64	135182,642	811.095.853	811.095.853
4	White Water Chest						
Total		LP Steam	MP Steam	131084,91	134176,344	135277,98	805.058.064
Penurunan		55,242	0	4949,277		29.695.665	
Persentase Penghematan		125,52%	0	3,56%		3,56%	
Penghematan pertahun		19334,668	0	1732247,116		Rp 10.393.482.695,-	

2. Laporan Biaya Peluang Penghematan Energi (PPE)

Laporan biaya peluang penghematan energi ini digunakan untuk memprioritaskan potensi peluang penghematan energi yang dapat diimplementasikan berdasarkan teknik kelayakan ekonomi.

a. PPE Isolasi Pipa Panas

Pemasangan isolasi rockwool pipa panas:

- tebal isolasi pipa = 0,05 m
- kebutuhan isolasi pipa = 1,78 m x 0,5 m = 0,89 m^2
- harga isolasi Rockwool Roll density 100/50mm = Rp 275.000,-
  1 roll = 0,6 m x 1,2 m = 0,72 m^2
  (harga PT. Talenta Anugerah Mulia)
- Jumlah roll = 0,89 m^2 / 0,72 m^2 = 1,24 roll = 2 roll

Biaya investasi isolasi = 2 roll x Rp 275.000,-/roll = Rp 550.000,-

Penghematan biaya per tahun = Rp 2.376.252.827,-

$$\text{Waktu pengembalian modal} = \frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Penghematan Biaya pertahun}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp } 550.000,-}{\text{Rp } 2.376.252.827,-} \text{ x } 100\% = 0{,}0002 \text{ tahun} = 2 \text{ jam}$$

b. PPE *Flash Steam Condensate Dryer Flash Tank*

Pemasangan Flash tank kapasitas 60 ton sebesar US $ 315.000 = Rp 3.150.000.000,-

(harga diperkirakan berdasarkan Pedoman Effisiensi untuk Industri di Asia,2006)

Penghematan biaya = Rp 10.393.482.695,- /thn

$$\text{Waktu pengembalian modal} = \frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Penghematan Biaya pertahun}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp } 3.150.000.000,-}{\text{Rp } 10.393.482.695,-} \text{ x } 100\% = 0{,}303 \text{ tahun} = 3{,}64 \text{ bulan}$$

c. PPE Pemanfaatan Air Keluaran *Flash Tank*

Air yang bisa dimanfaatkan = 47,433 m^3/jam

Tarif konsumsi air = Rp 12.250,-/m^3

(harga berdasarkan tarif PAM kelompok KIVB dengan kode tarif 4E untuk Pabrik)

Penghematan air = 47,433 m^3/jam x 24 jam/hari = 1138,396 m^3/hari = 398438,6 m^3/tahun

Penghematan biaya per tahun = 398438,6 m^3 x Rp 12.250,-/m^3 = Rp 4.880.872.412,-

Biaya investasi = Rp 15.680.000,-

Waktu pengembalian modal = $\frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Penghematan Biaya pertahun}}$ x 100%

= $\frac{\text{Rp 15.680.000,–}}{\text{Rp 4.880.872.412,–}}$ x 100% = 0,003 tahun = 0,039 bulan = 2 hari