



THESIS-TM 185400

**STUDY EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI SETTING
PEMBUKAAN CLASSIFIER PULVERIZER TERHADAP NPHR UNTUK
BATUBARA NK 4961 HGI 49**

IMAM DWI PRASETYO, ST

02111750078003

DOSEN PEMBIMBING

PROF. DR. ENG. IR. PRABOWO M.ENG

Program Magister

Bidang Keahlian Manajemen Energi

Kerjasama PT Indonesia Power

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institute Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020

(halaman ini sengaja dikosongkan)



THESIS-TM 185400

**STUDY EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI SETTING
PEMBUKAAN CLASSIFIER PULVERIZER TERHADAP NPHR
UNTUK BATUBARA NK 4961 HGI 49**

**IMAM DWI PRASETYO, ST
02111750078003**

**DOSEN PEMBIMBING
PROF. DR. ENG. IR. PRABOWO M.ENG**

**Program Magister
Bidang Keahlian Manajemen Energi
Kerjasama PT Indonesia Power
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institute Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

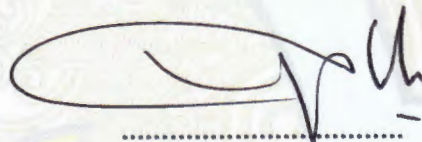
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
IMAM DWI PRASETYO
02111750078003

Tanggal Ujian: 17 Januari 2020
Periode Wisuda: Maret 2020

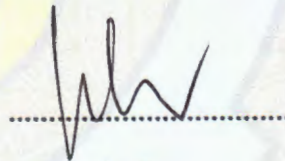
Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Prof. Dr. Eng. Ir. Prabowo, M.Eng
NIP 196505051990031005

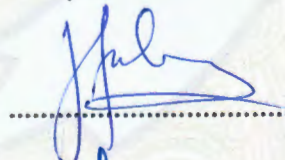


Penguji:

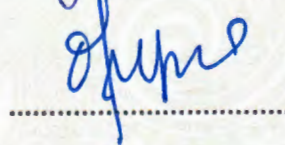
1. Dr. Eng. Sutikno, S.T., M.T.
NIP 197407032000031001



2. Fahmi Mubarak, S.T., MSc., Ph.D
NIP 197801152003121002



3. Suwarno, S.T., MSc., Ph.D
NIP 198005202005011003



Kepala Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem




Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng., Sc.
NIP 196604021989031002

(halaman ini sengaja dikosongkan)

Study Eksperimental Pengaruh Variasi Setting Pembukaan Classifier Pulverizer Terhadap NPHR Untuk Batubara NK 4961 HGI 49

Mahasiswa Nama : Imam Dwi Prasetyo, ST

Mahasiswa ID : 2111750078003

Pembimbing : Prof. Dr. Eng. Ir. Prabowo M.Eng

ABSTRAK

PLTU Suralaya adalah Pembangkit listrik Tenaga Uap berbahan bakar batubara dengan desain batubara adalah batubara nilai kalori 5387 kCal/kWh HGI 58,71 dengan pengaturan pembukaan sudut classifier 60% dan *primary air to coal ratio* 1,9:1. Saat ini diperlukan coal switching dalam pemenuhan kebutuhan produksi untuk memperbaiki Biaya Pokok Produksi (BPP) sehingga dipilih batubara nilai kalori (nk) 4961 kCal/kWh HGI 49. Dengan pergantian batubara tersebut tentunya akan terjadi perubahan karakteristik batubara. Perubahan karakteristik batubara sangat berdampak pada perubahan performa mesin pembangkit khususnya *pulverizer* dan boiler. Perubahan karakteristik yang paling signifikan adalah adanya perubahan terhadap nilai kalor batubara dan *Hardgrove Grindability Index (HGI)*. Dengan adanya perubahan tersebut mempengaruhi *coal flow* dan ukuran *fineness* yang lolos 200 mesh. Kedua hal tersebut berpengaruh terhadap parameter operasi pembangkit yaitu terjadi kenaikan pada parameter *superheater* dan *reheater spray flow* serta berpengaruh terhadap *flue gas temperature*.

Perubahan terhadap kenaikan parameter *superheater* dan *reheater spray flow* serta *flue gas temperature* tersebut dapat diminimalisir dengan pengaturan terhadap *pulverizer vane classifier* untuk memperbaiki performa *pulverizer* dan perbaikan terhadap rasio udara primer dan bahan bakar. Untuk itu, thesis ini menggunakan metode eksperimen. Eksperimen ini dilakukan dengan melakukan pengujian pada variasi *primary air fuel ratio* dari 1,7: 1, 1,8:1 dan 1,9: 1. Proses pengujian terhadap variasi *primary air to coal ratio* juga dikombinasikan dengan variasi sudut pembukaan *pulverizer classifier vane* yaitu pada sudut 40%, 45%, 50%, 55% dan 60%. Pengujian dilakukan pada beban tetap yaitu 600 MW.

Hasil pengujian eksperimental ini digunakan untuk menganalisis proses reaksi pembakaran yang terjadi dan pengaruhnya terhadap parameter *superheater* dan *reheater attemperator spray flow* serta *flue gas temperature* sampai dengan perhitungan pengaruh perubahan terhadap heat rate pembangkit berdasarkan EPRI CS 4554. dalam pengujian Thesis ini mendapatkan hasil pengaturan yang sesuai untuk mendapatkan konsumsi *superheater attemperator spray*, *reheater attemperator spray* dan *flue gas temperature* adalah dengan prosentase pembukaan classifier 45% dan *primary air to coal ratio* 1,7:1 yang berpengaruh terhadap perbaikan heat rate sebesar 31,69 kCal/kWh.

Kata kunci : *Primary Air to Coal Ratio, classifier, Hardgrove Grindability Index (HGI), heat rate*

Experimental Study Effect of Classifier Pulverizer Opening Setting Variation on NPHR for CV 4961 HGI 49 of Coal

Student Name : Imam Dwi Prasetyo, ST
Student Identity Number : 2111750078003
Supervisor : Prof. Dr. Eng. Ir. Prabowo M.Eng

ABSTRACT

Suralaya power plant is coal fired steam power plant with coal design is coal calorific value of 5387 kCal / kWh HGI 58.71 with 60% classifier opening and primary air to coal ratio 1.9: 1. Currently needed coal switching to reduce Cost of Production in order to be able to choose coal with a calorific value (nk) 4961 kCal / kWh HGI 49. Changes in coal characteristics greatly affect changes in the performance of pulverizer and boiler. The most significant change in characteristics is the change in the calorific value of coal and the Hardgrove Grindability Index (HGI). With these changes, this affects the flow of coal and the size of fineness that passes 200 mesh. Both of these have an impact on the operating parameters of the plant which occurs an increase in the parameters of the superheater and the reheater spray flow and affect the flue gas temperature.

Changes to the increase in the parameters of the superheater and reheater attemperator spray flow and the flue gas temperature can be minimized by resetting the pulverizer vane classifier to improve the performance of the pulverizer and improve the ratio of primary air and fuel (primary air to coal ratio). For this reason, this thesis uses an experimental method. This experiment was carried out by testing the variations in the primary air fuel ratio of 1.7: 1, 1.8: 1 and 1.9: 1. The testing process of the variation of the primary air fuel ratio was also combined with variations in the opening of the pulverizer classifier vane angle of 40%, 45%, 50%, 55% and 60%. The test is carried out at a fixed load of 600 MW.

The results of this experimental test are used to analyze the combustion reaction process carried out and its effect on the parameters of the superheater and spray flow reheater and the temperature of the flue gas by calculating changes in the level of heat generated based on EPRI CS 4554. Data result from consumption of superheater attemperator spray, reheater attemperator spray and temperature the flue gas is the percentage of the classifier opening 45% and the primary air to coal ratio is 1.7: 1 which reduce the heat rate plan by 31.69 kCal / kWh.

Keywords : Primary Air to Coal Ratio, classifier, Hardgrove Grindability Index (HGI, heat rate

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia, rahmat, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “Study Eksperimental Pengaruh Variasi Setting Pembukaan Classifier Pulverizer Terhadap NPHR Untuk Batubara NK 4961 HGI 49”. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan serta dukungan dari beberapa pihak, maka penyusunan tesis ini tidak dapat berjalan sesuai harapan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan do’a dan dukungan kepada penulis.
2. Dosen pembimbing yang telah memberikan saran dan motivasi dalam proses penyelesaian tesis ini.
3. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Mesin ITS yang telah mendidik penulis selama masa perkuliahan.
4. Seluruh rekan-rekan Pasca Sarjana Kerjasama IP-ITS yang secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu dalam proses penulisan tesis ini.
5. Seluruh rekan-rekan tim penelitian diesel dual fuel dan rekan-rekan Pascasarjana ITS yang telah berbagi ilmu dan pengalaman dalam proses penulisan tesis ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per-satu atas segala bantuan serta dukungan untuk penyusunan tesis ini.

Selain itu penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya.

Surabaya, 17 Januari 2020

Penulis

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN THESIS	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	11
1.3 Batasan Masalah.....	11
1.4 Tujuan Penelitian.....	12
1.5 Relevansi dan Manfaat Hasil Penelitian	12
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	15
2.1 <i>Pengertian dan Konsep Pulverizing</i>	15
2.2 Batasan Operasi <i>Pulverizer</i>	17
2.3 <i>Literature Review</i>	18
2.3.1 Efek Variasi Sudut Classifier.....	18
2.3.2 Efek variasi excess air pada Flue gas	20
2.4 Dasar Teori <i>Pulverizing</i> dan <i>Balance Energy Coal Pulverizer</i>	22
2.4.1 Pulverizing Kapasitas Penggilingan Pulverizer	22
2.4.2 Bahan bakar dan Teori Pembakaran	25

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Pelaksanaan Penelitian	33
3.1.1 Pelaksanaan Pra Penelitian.....	33
3.1.2 Pelaksanaan Penelitian/eksperimen.....	33
3.1.3 Percobaan Variasi Pembukaan Classifier dan <i>Primary Air to Coal Ratio</i>	34
3.1.4 Analisa dan Diskusi Hasil Percobaan.....	34
3.1.5 Kesimpulan.....	34
3.2 Pengambilan data operasi dan pengambilan sampel	35
3.2.1 Peralatan Pendukung dan Bahan Penelitian	37
3.2.2 Prosedur Pengambilan Data Eksperimen	42
3.3 Flowchart Penelitian.....	43
BAB 4 PEMBAHASAN DATA DAN ANALISA	45
4.1 Proses Pengambilan Data	45
4.2 Kapasitas Pulverizer /Coal Flow	46
4.2.1 Pengaruh HGI terhadap kapasitas Pulverizer.....	46
4.2.2 Hubungan Prosentase Bukaannya Classifier terhadap Kapasitas Pulverizer	49
4.2.3 Hubungan antara Kapasitas Pulverizer (<i>Coal Flow</i>) dengan Konsumsi <i>Spray Flow</i>	50
4.2.4 Hubungan antara Kapasitas Pulverizer (<i>Coal Flow</i>) dengan <i>Flue Gas Temperature</i>	52
4.2.5 Hasil Pra Penelitian	52
4.3 Hasil Pengujian Variasi Pembukaan <i>Classifier</i> Pulverizer.....	53
4.3.1 Pengujian Variasi Pembukaan Classifier dan Variasi <i>Primary Air to Coal Ratio</i> terhadap Kapasitas Pulverizer.....	53

4.3.2	Pengaruh Prosentase Pembukaan <i>Classifier Vane</i> terhadap <i>Superheater Attenuator Spray Flow</i>	55
4.3.3	Pengaruh Prosentase Pembukaan <i>Vane Classifier</i> terhadap Konsumsi <i>Reheater Attenuator Spray Flow</i>	58
4.3.4	Pengaruh Prosentase Pembukaan <i>Vane Classifier</i> terhadap <i>Flue Gas</i> <i>Temperature</i>	60
4.4	Analisa dan Diskusi	61
4.4.1	Konsumsi <i>Superheater Attenuator Spray</i>	64
4.4.2	Konsumsi <i>Reheater Attenuator Spray Flow</i>	66
4.4.3	<i>Flue Gas Temperature</i>	67
4.4.4	Pengaruh Penelitian terhadap <i>Nett Plant Heat Rate</i> Pembangkit	68
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
	DAFTAR PUSTAKA	75
	Lampiran 1 Certificate of Analysis (COA) Desain	77
	Lampiran 2 Certificate of Analysis (COA) Pengujian	78
	Lampiran 3 Posisi Pembukaan <i>Classifier</i>	79
	Lampiran 4 (Data DCS menggunakan NK 4861 HGI 49, <i>Classifier</i> opening 60%, sebelum penelitian dilakukan)	80
	Lampiran 5 Tabel Data Perhitungan Hasil Pengujian	105
	Lampiran 6 Data Hasil Pengujian <i>Superheater Spray Flow</i>	106
	Lampiran 7 Data Hasil Pengujian pada <i>Reheater Spray Flow</i>	107
	Lampiran 8 Data Hasil Pengujian pada <i>Flue Gas Temperature</i>	108
	Lampiran 9 Perhitungan Total Heat Rate	109
	Lampiran 10 Desain manual Book <i>Pulverizer</i>	110

Lampiran 11 Gate cycle 6.1.....	112
Lampiran 12 Dokumentasi Proses Experimen	113
BIOGRAFI PENULIS.....	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Cadangan Batubara di Indonesia (Laporan Pusat Sumberdaya Mineral, 2017).....	2
Gambar 1.2 Grafik Perbandingan Aktual Saat Menggunakan Batubara dengan NK 4961 HGI 49 Vs Reff (NK 5387 HGI 58,71)	3
Gambar 1.3 Perbandingan Kapasitas dengan HGI	5
Gambar 1.4 <i>Flue Gas Temperatur</i> Actual Saat Menggunakan Batubara dengan NK 4961 HGI 49 Vs Reff (NK 5387 HGI 58,71)	7
Gambar 1.5 <i>Superheater Spay flow</i> Saat Menggunakan Batubara dengan NK 4961 HGI 49 Vs Reff (NK 5387 HGI 58,71).....	8
Gambar 1.6 Konsumsi <i>Reheater Attemperator Spray flow</i> Saat Menggunakan Batubara dengan NK 4961 HGI 49 Vs Reff (NK 5387 HGI 58,71).....	9
Gambar 2.1 Kontruksi <i>Coal Pulverizer</i> MPS 89N.....	16
Gambar 2.2 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukaan <i>Vane angle</i> VS % Coal Mass Flow rate (Shah, R.Vuthaluru, & H.B.Vuthaluru, 2008).	19
Gambar 2.3 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukaan <i>vane angle</i> VS % efisiensi (Shah, R.Vuthaluru, & H.B.Vuthaluru, 2008).....	19
Gambar 2.4 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukaan <i>vane angle</i> VS % lolos 75 mesh (Shah, R.Vuthaluru, & H.B.Vuthaluru, 2008).....	20
Gambar 2.5 Variasi <i>excess air</i> (%) pada tekanan <i>steam</i> 10 psig (Carpenter & Schmid, 2008)	21
Gambar 2.6 Variasi <i>excess air</i> (%) pada tekanan <i>steam</i> 50 psig (Carpenter & Schmid, 2008)	21
Gambar 2.7 Variasi <i>excess air</i> (%) pada tekanan <i>steam</i> 100 psig (Carpenter & Schmid, 2008)	22
Gambar 2.8 Hubungan antara kapasitas pulverizer sebagai fungsi HGI, fineness dan moisture (sumber: fossil Fuel Combustion, 11-6)	23
Gambar 2.9 Hubungan antara kapasitas pulverizer dengan HGI (sumber: steam it user and generation, 12-11).....	23
Gambar 2.10 <i>Schematic</i> kesetimbangan energi.....	24

Gambar 2.11 Skema Proses Pembakaran Partikel Batubara (J. Warnatz, 2006).....	29
Gambar 2.12 <i>Furnace Residence time</i> (Richard F. (Dick) Storm, 2017)	31
Gambar 3.1 <i>Schematic pengambilan data fineness pada coal pipe</i>	35
Gambar 3.2 <i>Schematic Dirty Air Pitot Test</i>	36
Gambar 3.3 Chassis Dynamometer Dynostar LECO D70	38
Gambar 3.4 Dual Range Sulfur Analyzer LECO S-144DR	39
Gambar 3.5 DAQ Pro 5300 dan Thermocouple	40
Gambar 3.6 Thermogravimetric Analyzer TGA-601	41
Gambar 3.7 Elemental Analyzer Leco CHN-2000	41
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Penelitian	43
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Metode Eksperimen	44
Gambar 4.1 Konstruksi <i>Classifier Pulverizer</i> MPS 89N pada Posisi Pembukaan 100%	46
Gambar 4.2 Regresi Factor Koreksi Kapasitas Pulverizer Fungsi HGI Ukuran 200 Mesh Lolos 70%	47
Gambar 4.3 Grafik Faktor Koreksi Kapasitas Pulverizer terhadap Prosentase Fineness Lolos untuk Ukuran 200 Mesh	48
Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Prosentase Bukaannya Classifier terhadap Kapasitas Pulverizer	49
Gambar 4.5 Pengaruh Kapasitas (<i>coal flow</i>) Pulverizer dengan <i>Superheater Attemperator Spray Flow</i>	50
Gambar 4.6 Pengaruh Kapasitas (<i>coal flow</i>) Pulverizer dengan <i>Reheater Attemperator Spray Flow</i>	51
Gambar 4.7 Hubungan antara <i>Coal Flow</i> dengan <i>Flue Gas Temperature</i>	52
Gambar 4.8 Fineness Ukuran 200 Mesh dengan Variasi Pembukaan <i>Classifier Pulverizer</i>	53
Gambar 4.9 Pengaruh Pembukaan Sudut <i>Classifier</i> terhadap Konsumsi <i>Superheater Attempetor Spray Flow</i>	57
Gambar 4.10 Pengaruh Prosentase Pembukaan Classifier terhadap Konsumsi <i>Reheater Attemperator Spray Flow</i>	59

Gambar 4.11 Pengaruh Prosentase Pembukaan Classifier dengan <i>Flue Gas Temperature</i>	61
Gambar 4.12 Pengaruh Pembukaan Classifier terhadap Konsumsi <i>Superheater Spray Flow</i> dibanding Comissioning Data.....	64
Gambar 4.13 Pengaruh Prosentase Pembukaan Classifier terhadap Konsumsi <i>Reheater Attenuator Spray Flow</i>	66
Gambar 4.14 Pengaruh Prosentase Pembukaan <i>Classifier Vane</i> terhadap <i>Flue Gas Temperature</i>	67
Gambar 4.15 Pengaruh Prosentase Pembukaan Classifier terhadap <i>Nett Plant Heat Rate</i> Pembangkit.....	72
Gambar 5.1 Certificate of Analysis (COA) Batubara Commisioning.....	77

DAFTAR TABEL

Table 1.1 Komparasi karakteristik batubara Bukit Asam dan Berau Coal....	2
Table 1.2 Hasil Pengujian <i>Fineness</i> pada Unit 6 PLTU Suralaya	6
Table 2.1 <i>Classification of Coal by Rank</i>	26
Tabel 2.2 Tabel Komposisi Udara Kering.....	30
Table 4.1 Tabel <i>Ultimate Analysis</i> Batubara HGI	45
Table 4.2 Perhitungan Prediksi Kapasitas Pulverizer MPS 89N %	47
Table 4.3 Kapasitas Maksimum Pulverizer pada HGI 49 dibanding <i>Coal Flow</i> Aktual	54
Table 4.4 Perhitungan Konsumsi <i>Superheater Attenuator Spray Flow</i> berdasarkan <i>Coal Flow</i>	56
Table 4.5 Perhitungan Konsumsi <i>Reheater Attenuator Spray Flow</i> berdasarkan <i>Coal Flow</i>	58
Table 4.6 Perhitungan <i>Flue Gas Temperature</i> berdasarkan <i>Coal Flow</i>	60
Table 4.7 Data Hasil Pengujian terhadap Perubahan <i>Superheater Attenuator Spray Flow</i>	62
Table 4.8 Data Hasil Pengujian terhadap Perubahan <i>Reheater Attenuator Spray Flow</i>	63
Table 4.9 Data Hasil Pengujian terhadap Perubahan <i>Flue Gas Temperature</i>	64
Table 4.10 Perhitungan Pengaruh <i>Superheater Attenuator Spray Flow</i> terhadap NPHR	69
Table 4.11 Perhitungan Pengaruh <i>Reheater Attenuator Spray Flow</i> terhadap NPHR	70
Table 4.12 Perhitungan Pengaruh <i>Flue Gas temperature</i> terhadap NPHR ...	71
Table 5.1 Tabel Data Perhitungan Hasil Pengujian.....	105

DAFTAR SIMBOL

$\dot{m}_a$	flowrate udara primer yang masuk Pulverizer	kg/s
$T_{i,a}$	temperatur udara primer masuk ke <i>Pulverizer</i>	K
$T_{i,c}$	temperatur batubara masuk ke <i>Pulverizer</i>	K
T_{amb}	temperature batubara masuk ke <i>Pulverizer</i>	K
T_o	temperatur batubara masuk ke <i>Pulverizer</i>	K
$\dot{m}_c$	<i>flowrate coal</i> yang masuk ke <i>Pulverizer</i>	kg/s
T	<i>Resident Time</i>	s
$V_{furnace}$	<i>Furnace Volume</i>	m ³
$\dot{V}_{(coal+udara)}$	Volume campuran batubara dan udara per detik	(m ³ /s)
ρ_{coal}	massa masa batubara	Kg/m ³
ρ_{udara}	massa jenis aliran masa udara	Kg/m ³
C_f	Faktor koreksi kapasitas pulverizer dengan fineness ukuran 200 mesh lolos 70% akibat HGI	
HGI	Hardgrove Grindability Index	index
Cmax	Kapasitas Maksimum Pulverizer	Kg/jam
C_t	faktor koreksi kapasitas pulverizer akibat prosentase lolos partickle ukuran 200 mesh	
η	fineness lolos ukuran 200 mesh	%
K_{cf}	faktor koreksi kapasitas pulverizer dari prosentase pembukaan classifier	
x	prosentase bukaan <i>classifier</i> pulverizer	%
SH_{sf}	<i>superheater spray flow</i>	T/h
C	<i>Coal Flow</i>	T/h
RH_{sf}	<i>reheat attemperator spray flow</i>	T/h
FG_{temp}	<i>Flue Gas Temp</i>	°C

BAB 1

PENDAHULUAN

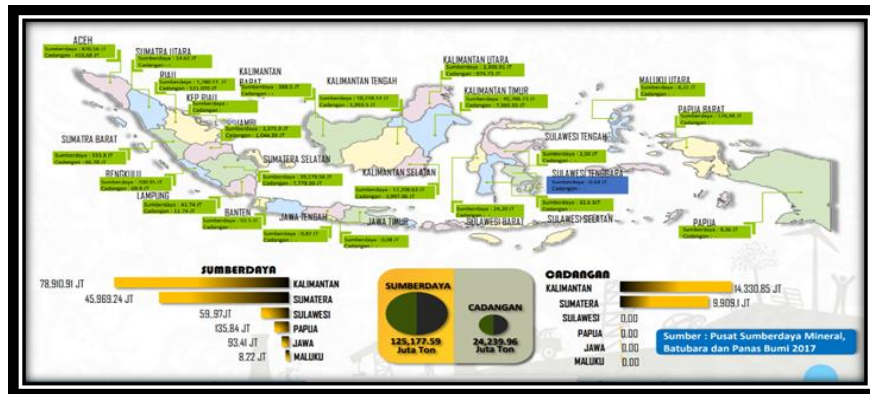
1.1 Latar Belakang Masalah

PLTU Suralaya Unit 5-7 terdiri dari 3 Unit Pembangkit dengan kapasitas masing-masing pembangkit adalah 600 MW. Desain Batubara yang digunakan pada PLTU Suralaya 5-7 dengan nilai kalori (HHV, *High Heating Value*) sebesar 5204 kCal/kg yang berasal dari tambang Bukit Asam, Sumatera Selatan. Performance / Nett Plant Heat Rate (NPHR) menjadi hal utama yang diperhatikan dalam industri pembangkit tenaga listrik. Perbaikan heat rate pembangkit sangat menentukan peringkat merit order dan Biaya Pokok Produksi (BPP) pembangkit listrik. Besarnya nilai Nett Plant Heat Rate pembangkit listrik sangat dipengaruhi oleh spesifikasi batubara yang disupply ke pembangkit. Namun seiring dengan keterbatasan ketersediaan batubara yang memiliki spesifikasi sesuai desain batubara PLTU Suralaya yaitu batubara bituminous dan kenaikan harga batubara bituminous yang semakin lama semakin naik maka diperlukan suatu alternatif solusi dalam pemenuhan kebutuhan batubara untuk menjaga kelangsungan proses produksi dengan memperbaiki Biaya Pokok Produksi (BPP).

Alternatif solusi tersebut adalah dengan mencari batubara yang mempunyai spesifikasi yang mendekati dengan desain batubara PLTU Suralaya Unit 5-7 yaitu batubara Bukit Asam. Alternatif solusi yang diambil adalah melakukan coal switching dengan cara menggunakan batubara dari Kalimantan Timur yaitu batubara Berau Coal.

Dasar Pemilihan batubara Kalimantan Timur Berau Coal untuk pemenuhan kebutuhan PLTU Suralaya Unit 5-7 adalah karena ketersediaan atau stok batubara masih mencukupi disamping karena spesifikasi yang masih mendekati dengan batubara desain pembangkit. Data terkait dengan ketersediaan batubara tersebut dapat diketahui dari Laporan Pusat Sumberdaya Mineral, Batubara dan Panas Bumi 2017, Dirjend Mineral dan Batubara pada peta persebaran batubara adalah seperti

terlihat pada Gambar 1.1 dibawah. Dari gambar dapat diketahui bahwa cadangan batubara untuk pemenuhan sumber energi di Indonesia dengan batubara Kalimantan masih mencukupi yaitu 78.910, 91 Juta Ton. Adapun peta ketersediaan batubara di Indonesia tersebut adalah seperti berikut:



Gambar 1.1 Cadangan Batubara di Indonesia (Laporan Pusat Sumberdaya Mineral, 2017)

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perubahan batubara dari batubara Bukit Asam dan batubara Berau Coal Kalimantan Timur. Hal tersebut dikarenakan terdapat perbedaan karakteristik spesifikasi batubara antara batubara desain yaitu batubara Bukit Asam dengan batubara Berau coal Kalimantan Timur. Adapun tabel mengenai komparasi spesifikasi batubara Bukit Asam dan Batubara Berau Coal Kalimantan Timur berdasarkan Certificate Of Analysis (COA) pada lampiran 1 dan 2 adalah sebagai berikut:

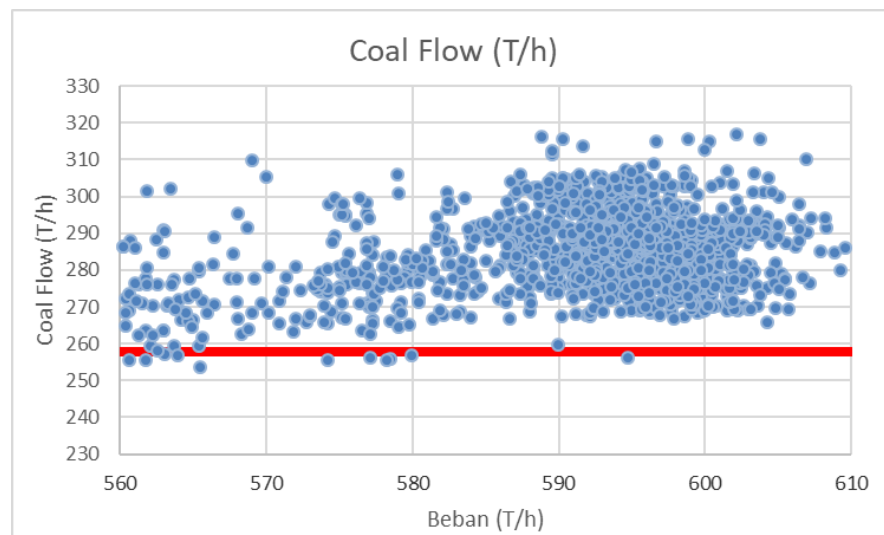
Table 1.1 Komparasi karakteristik batubara Bukit Asam dan Berau Coal

Parameter	Batubara Bukit Asam	Batubara Berau Coal Kalimantan Timur
Fuel HHV	5387 kCal/kg	4961 kCal/kg
HGI	58.71	49
Total Moisture	24,56	24,54
Ash Content	3,0 %	5,53%
Sulfur	0,32%	0,79%
Carbon	53,0 %	48,38 %
Hidrogen	4,08 %	3,44 %
Nitrogen	0,6 %	0,40 %
Oxygen	12,60 %	19,10 %

Spesifikasi boiler untuk PLTU Suralaya Unit 5-7 mempunyai kapasitas masing-masing pembangkit 600 MW, dengan tipe *natural circulation balance draft reheat steam generator*. *Pulverizer* yang terpasang sebanyak 6 buah dengan 6 level burner tipe *front and rear burner*. Dengan adanya perubahan karakteristik batubara seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.1 diatas tentunya sangat berpengaruh terhadap kinerja dan performa peralatan pembangkit khususnya boiler. Hal yang mempengaruhi tersebut dapat ditinjau dari:

1. Perubahan nilai kalori batubara

Perubahan nilai kalori batubara yang digunakan pada boiler dari batubara dengan nilai kalori 5204 kCal/kg menjadi batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg berpengaruh pada jumlah konsumsi batubara (*coal flow*) yang masuk ke dalam boiler untuk menjaga kapasitas produksi (*load*) yang sama yaitu 600 MW. Konsumsi batubara atau *coal flow* yang masuk ke dalam boiler seperti yang ditunjukkan dengan data yang didapat dari data DCS (Data Computational System) Unit 6 PLTU Suralaya sesuai dengan lampiran 1. Selanjutnya apabila data tabel lampiran 1 tersebut disajikan dalam grafik maka akan terlihat sesuai dengan Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Perbandingan Aktual Saat Menggunakan Batubara dengan NK 4961 HGI 49 Vs Reff (NK 5387 HGI 58,71)

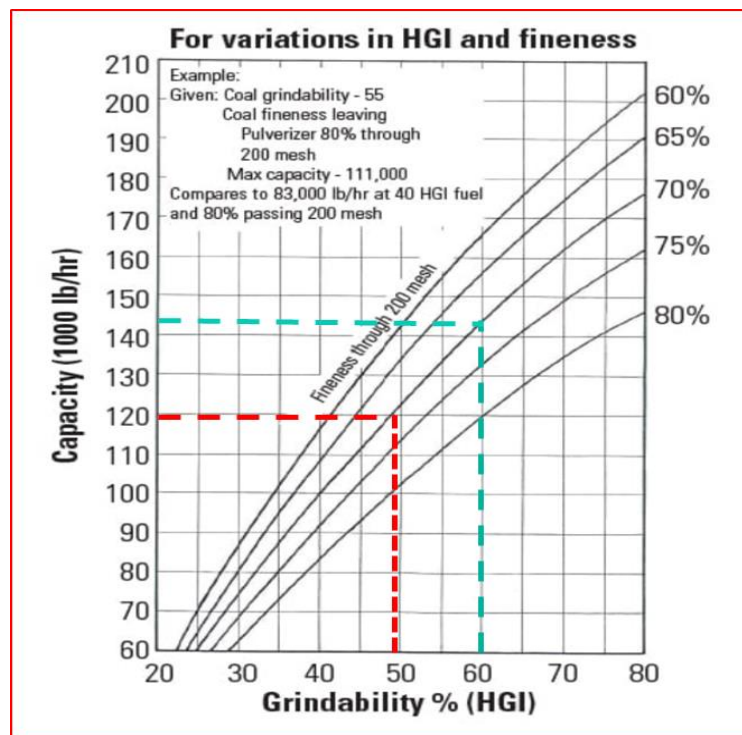
Gambar 1.2 tersebut memperlihatkan bahwa garis merah merupakan garis referensi konsumsi saat menggunakan batubara dengan nilai kalori 5204 kCal/kg pada beban 600 MW yaitu pada 257,7 Ton/jam, sedangkan titik-titik biru merupakan sebaran konsumsi batubara saat menggunakan batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg. Dari grafik tersebut terlihat bahwa terdapat penambahan atau kenaikan jumlah konsumsi batubara coal flow untuk memproduksi 600 MW. Kenaikan rata-rata saat menggunakan batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg adalah sebesar 25,91 Ton/jam, atau naik dari 257,7 Ton/jam menjadi 283,61 Ton/jam. Dengan adanya kenaikan *coal flow* 25,91 Ton/jam tersebut sangat berpengaruh pada kemampuan, kapasitas dan performa dari *pulverizer*. Kondisi tersebut mengakibatkan perubahan mode pengoperasian *pulverizer* dari yang sebelumnya pengoperasian *pulverizer* adalah 5 *pulverizer* operasi dengan 1 *pulverizer* stand by berubah menjadi seluruh *pulverizer* (6 *pulverizer*) beroperasi untuk menghasilkan daya yang tepat yaitu 600 MW yang berarti penambahan daya Pemakaian Sendiri (PS). Disisi lain dengan penambahan jumlah *pulverizer* tersebut akan berdampak pada keandalan peralatan pada *pulverizer* yang semakin turun.

2. Perubahan Nilai HGI (*Hardgrove Grindability Index*)

Nilai *Hardgrove Grindability Index* (HGI) merupakan salah satu sifat fisik batubara yang menyatakan indeks kemudahan batubara untuk dilakukan penggerusan. Artinya nilai HGI semakin kecil menunjukkan batubara semakin sulit (keras) untuk dilakukan penggerusan. Terdapat penurunan nilai HGI dari batubara Bukit Asam (desain) yaitu 58,71 (lampiran 2) menjadi 49 untuk batubara Berau Coal Kalimantan Timur berdasarkan lampiran 3 COA (*Certificate of Analysis*) batubara. Perubahan tersebut sangat berpengaruh terhadap performa dari peralatan pembangkit yaitu boiler dan *pulverizer*. *Pulverizer* merupakan alat yang digunakan untuk menggiling batubara menjadi ukuran yang sesuai sebelum dimasukkan ke dalam boiler. Disamping tugas utama untuk menggiling dan menghaluskan batubara, *pulverizer* juga digunakan untuk mengeringkan

batubara dengan media udara primer. Perubahan nilai HGI dari nilai 58,71 menjadi nilai 49 berpengaruh pada perubahan kemampuan / kapasitas penggerusan pada pulverizer dan kualitas produksi *fineness* batubara.

Perubahan kapasitas *pulverizer* akibat dari perubahan nilai HGI dapat ditunjukkan melalui grafik desain dari *pulverizer*. *Pulverizer* yang digunakan untuk PLTU Suralaya khususnya Unit 6 adalah *pulverizer* dari Babcock & Wilcock seri MPS 89N. Grafik perubahan kapasitas pulverizer untuk MPS 89N terhadap perubahan nilai HGI tersebut dapat ditunjukkan pada grafik sebagai berikut:



Gambar 1.3 Perbandingan Kapasitas dengan HGI

Dari Gambar 1.3 diatas terlihat bahwa kapasitas *pulverizer* dipengaruhi oleh indeks nilai HGI. Untuk mendapatkan ukuran *fineness* lolos 200 mesh pada batubara desain dengan nilai HGI adalah 58,71 *pulverizer* mempunyai kapasitas 65,77 T/h sedangkan saat menggunakan batubara dengan nilai HGI 49 untuk mendapatkan ukuran *fineness* 200 mesh lolos 70% turun menjadi 54,4 T/h. Untuk menjaga kesetabilan produksi

maka diperlukan pengoprasian 6 buah *pulverizer* yang juga berakibat terhadap kenaikan PS.

Disamping hal tersebut pengukuran hasil penggilingan batubara menjadi *fineness* diperlukan untuk memastikan bahwa ukuran *fineness* adalah 200 mesh lolos 70%. Pengujian yang dilakukan pada PLTU Suralaya unit 6 adalah sebagai berikut:

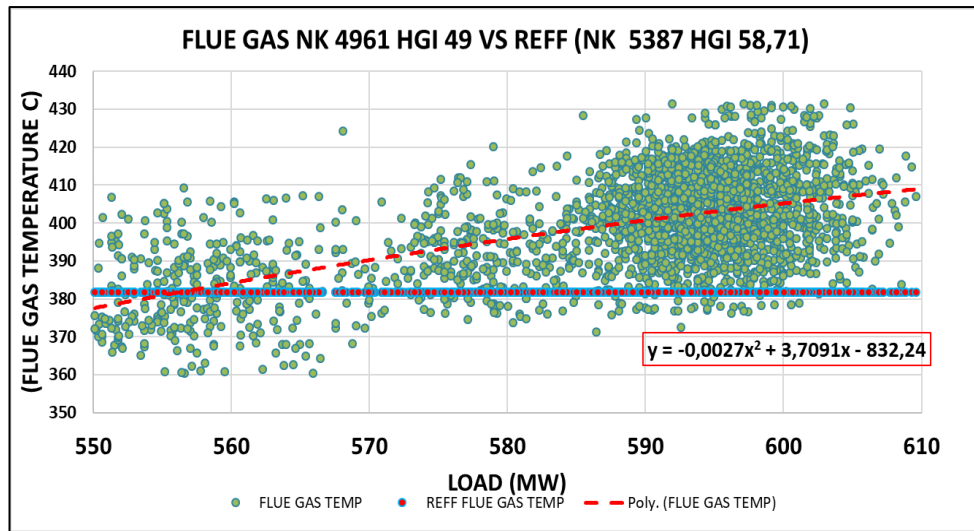
Table 1.2 Hasil Pengujian *Fineness* pada Unit 6 PLTU Suralaya

NO.	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
			TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
			BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	600	A2	2,58	56,34	60	D197-87(2012)
02		A6	1,54	56,87		
03		C3	1,56	66,80	60	
04		C5	2,26	64,24		
05		D1	0,74	44,68	60	
06		D2	0,54	47,27		
07		E1	2,54	59,71	60	
08		E2	1,96	59,94		
09		F1	0,32	61,72	60	
10		F5	0,38	62,07		

Dari Table 1.2 diatas menunjukkan bahwa ukuran *fineness* batubara yang lolos 200 mesh kurang dari standart batasan 70%, berarti masih banyak ukuran *fineness* yang lebih besar atau di bawah ukuran 200 mesh yang terbawa ke dalam boiler. Apabila ukuran *fineness* batubara yang masuk ke dalam boiler lebih besar dari desain kebutuhan boiler yaitu 200 mesh lolos 70%, maka potensi adanya kenaikan *residence time* pada pembakaran batubara di dalam boiler. Kondisi ukuran butiran batubara (*fineness*) yang kurang dari batasan 70% tersebut sangat mempengaruhi kinerja dan efisiensi boiler. Pengaruh ukuran *fineness* tersebut dapat diketahui dari parameter parameter antara lain sebagai berikut:

1. Flue Gas Temperature

Data *flue gas* dari DCS Control Room unit 6 terlihat sesuai dengan data lampiran 4. Apabila data tersebut dibuatkan grafik maka sebaran data *flue gas* saat menggunakan batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg dengan nilai HGI 49 saat setting pembukaan classifier 60% adalah sebagai berikut:

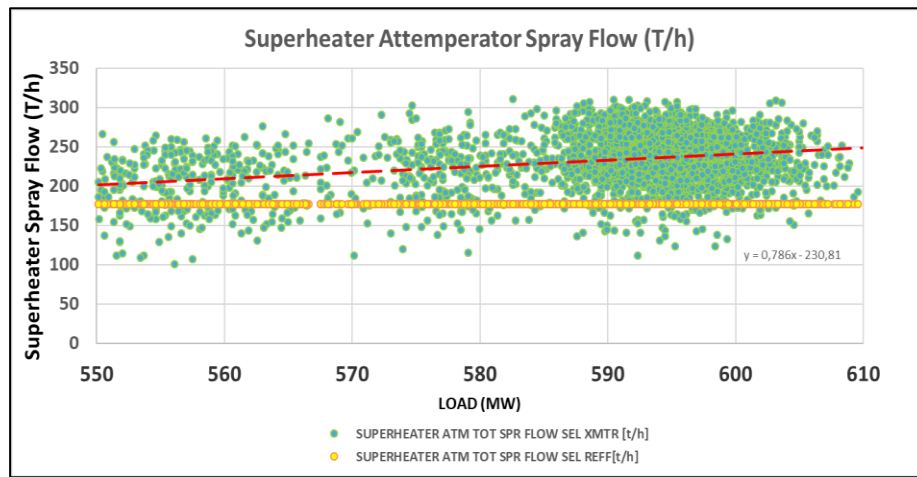


Gambar 1.4 *Flue Gas Temperatur Actual Saat Menggunakan Batubara dengan NK 4961 HGI 49 Vs Reff (NK 5387 HGI 58,71)*

Dari Gambar 1.4 diatas diketahui bahwa terdapat kenaikan *flue gas temperature* saat menggunakan batubara nilai kalori 4961 HGI 49 dibandingkan dengan menggunakan batubara *refferensi commissioning* yaitu batubara dengan kalori 5387 HGI 58,71. Kenaikan *flue gas temperature* rata-rata adalah 23,91 °C atau naik dari 381,33 °C menjadi 405,45°C. Dari buku EPRI CS-4554 *Heat Rate Improvement Guidelines for Existing Fosil Plants* diketahui bahwa tiap kenaikan *flue gas temperature* sebesar 1 °C akan berpengaruh terhadap kenaikan *heatrate* sebesar 1,2 kCal/kWH, sehingga dengan kenaikan *flue gas temperature* rata-rata sebesar 23,91 °C tersebut mempengaruhi kenaikan *heatrate* sebesar 23,91 kCal/kWh. Sehingga apabila dikonversi menjadi rupiah dengan estimasi harga batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg adalah 800 Rp/kg maka didapatkan potensi kerugian sebesar: Rp 2.313.405/jam atau sebesar Rp. 55.521.709 /hari.

2. Superheater Spray Flow

Data konsumsi Superheater Attemperator Spray flow yang didapatkan dari data DCS Control Room unit 6 terlihat sesuai dengan data lampiran 4. Apabila data tersebut dibuatkan grafik maka sebaran data konsumsi *superheater attemperator spray flow* saat menggunakan batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg dengan nilai HGI 49 saat setting pembukaan classifier 60% adalah sebagai berikut:

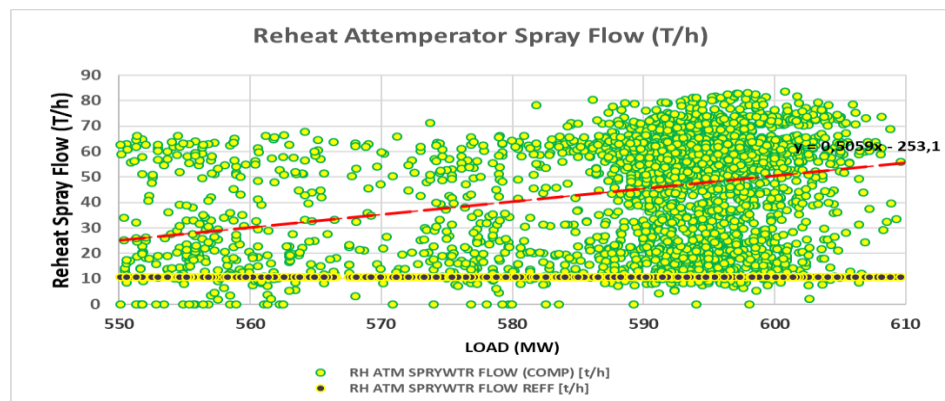


Gambar 1.5 *Superheater Spay flow* Saat Menggunakan Batubara dengan NK 4961 HGI 49 Vs Reff (NK 5387 HGI 58,71)

Dari Gambar 1.5 diatas diketahui bahwa terdapat kenaikan konsumsi *superheater attemperator spray flow* saat menggunakan batubara nilai kalori 4961 HGI 49 dibandingkan dengan menggunakan batubara *refferensi commissioning* yaitu batubara dengan kalori 5387 HGI 58,71. Kenaikan konsumsi *superheater spray flow* rata-rata adalah 38,14 T/h atau naik dari 202,235 T/h (reff) menjadi 240,374 T/h. Dari buku EPRI CS-4554 *Heat Rate Improvement Guidelines for Existing Fosil Plants* diketahui bahwa setiap kenaikan 10 T/h akan berpengaruh terhadap kenaikan *heatrate* sebesar 1,18 kCal/kWH, sehingga dengan kenaikan konsumsi *superheater spray flow* rata-rata 38,14 T/h tersebut mempengaruhi kenaikan *heatrate* sebesar 4,5 kCal/kWh. Sehingga apabila dikonversi menjadi rupiah dengan estimasi harga batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg adalah 800 Rp/kg maka didapatkan potensi kerugian sebesar: Rp. 435.396 /jam atau sebesar 10.449.506 /hari.

3. Reheater Spray Flow (T/h)

Data *reheater attemperator spray flow* yang didapatkan dari hasil pengujian di boiler unit 6 hasil download pada data DCS Control Room unit 6 terlihat sesuai dengan data lampiran 4. Apabila data tersebut dibuatkan grafik maka sebaran data konsumsi *reheater attemperator spray flow* saat menggunakan batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg dengan nilai HGI 49 saat setting pembukaan classifier 60% adalah sebagai berikut:



Gambar 1.6 Konsumsi *Reheater Attemperator Spray flow* Saat Menggunakan Batubara dengan NK 4961 HGI 49 Vs Reff (NK 5387 HGI 58,71)

Dari Gambar 1.6 diatas diketahui bahwa terdapat kenaikan konsumsi *reheater attemperator spray flow* saat menggunakan batubara nilai kalori 4961 HGI 49 dibandingkan dengan menggunakan batubara batubara dengan kalori 5387 HGI 58,71. Kenaikan konsumsi *reheater attemperator spray flow* rata-rata adalah sebesar 37,51 T/h atau naik dari 10,76 T/h menjadi 48,269T/h. Berdasarkan EPRI CS-4554 tentang *Heat Rate Improvement Guidelines for Existing Fossil Plants* bahwa tiap kenaikan 10 T/h berpengaruh terhadap kenaikan *heatrate* sebesar 2,46 kCal/kWH, sehingga kenaikan *reheater attemperator spray flow* rata-rata 37,51 T/h mempengaruhi kenaikan *heatrate* sebesar 9,23 kCal/kWh. Apabila nilai *heatrate* tersebut dikonversi menjadi rupiah dengan estimasi harga batubara nilai kalori 4961 kCal/kg adalah 800 Rp/kg maka didapatkan potensi kerugian sebesar: Rp.882.403/jam atau sebesar Rp. 21.177.666 /hari.

Dari hasil perhitungan pengaruh kenaikan *heatrate* akibat kenaikan ketiga parameter tersebut diatas, yaitu pada kenaikan *flue gas temperature*, *superheater spray flow* dan *reheater spray flow* berpengaruh terhadap kenaikan *heatrate* sebesar 37,42 kCal/kWH atau apabila dikonversi menjadi rupiah adalah sebesar Rp. 3.632.057 /jam atau Rp.87.169.378 /hari.

Dengan mengetahui pengaruh perubahan karakteristik batubara pada nilai kalori dan HGI terhadap *flue gas temperatur*, *superheater spray flow* dan *reheat spray flow* maka perlu dilakukan pengujian mengenai optimasi setting pembukaan *classifier vane pulverizer* untuk mengetahui pengaruhnya *coal fineness* yang lolos 200 mesh terhadap Nett Plant Heat Rate untuk batubara HGI 49.

Di dalam Literature bahwa K.V. Shah, R. Vuthaluru, H.B. Vulthaluru, melakukan pemodelan dengan 5 posisi prosentase pembukaan *vane classifier* yaitu pada pembukaan *classifier* 100%, 65 %, 55%, 50% dan 45% dengan batubara Western Premier Coal. Dari pemodelan yang dilakukan diketahui bahwa semakin kecil prosentase pembukaan *vane classifier* semakin tinggi produksi prosentasi *fineness* yang berukuran 200 mesh, namun semakin kecil prosentase pembukaan *vane classifier* maka prosentase efisiensi semakin kecil. Sehingga dalam pemodelan tersebut dibuat untuk mencari prosentase pembukaan *classifier vane* yang paling optimal, dan diketahui bahwa optimal produksi *fineness* dapat dicapai dengan pembukaan *classifier pulverizer* 65%.

Berdasarkan Penelitian tersebut selanjutnya dilakukan juga pengukuran terhadap produksi *fineness* pada *pulverizer* dengan kriteria ukuran *fineness* 75 μm /200 mesh yang lolos diatas 70%. Dengan penelitian yang sama seperti yang dilakukan oleh K.V. Shah, R. Vuthaluru, H.B. Vulthaluru, maka penulis melakukan pengujian secara eksperimental menggunakan batubara yang dipakai pada PLTU Suralaya Unit 6 yaitu menggunakan batubara dengan nilai kalori 4961 HGI 49, dengan variasi pembukaan *classifier* adalah dari 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% yang divariasikan *Primary Air Fuel Ratio (Primary Air Coal Ratio)* adalah 1,7:1, 1,8:1 dan 1,9:1. Hasil ingin dicapai adalah ukuran produksi penggilingan batubara (*fineness*) pada *pulverizer* sebesar 70 μm / 200 mesh lolos diatas 70%.

Dari data-data yang didapatkan dari penelitian / pengujian tersebut diatas selanjutnya digunakan untuk mengetahui dan memutuskan pembukaan *classifier* yang tepat untuk mendapatkan kinerja dan kapasitas *pulverizer fineness* ukuran 200 *mesh* lolos sesuai dengan desain yaitu diatas 70%. Untuk itu penulis mengambil suatu kajian tentang “Study Eksperimental Pengaruh Variasi Setting Pembukaan *Classifier Pulverizer* Terhadap NPHR Untuk Batubara NK 4961 HGI 49”

1.2 Perumusan Masalah

Thesis ini fokus pada pengujian hasil produksi *pulverizer*. Rumusan masalah dalam thesis ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh prosentase pembukaan *pulverizer classifier vane* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% yang divariasikan dengan *primary air to coal ratio* 1,7:1, 1,8:1 dan 1,9:1 terhadap ukuran fineness hasil produk *pulverizer*?
2. Bagaimanakah pengaruh prosentase pembukaan *pulverizer classifier vane* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% yang divariasikan dengan *primary air to coal ratio* 1,7:1, 1,8:1 dan 1,9:1 terhadap kapasitas maksimum *pulverizer*?
3. Bagaimanakah pengaruh prosentase pembukaan *classifier vane* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% yang divariasikan dengan *primary air to coal ratio* 1,7:1, 1,8:1 dan 1,9:1 terhadap NPHR yang dipengaruhi *flue gas temperature*, *superheat spray flow* dan *reheat spray flow* pada beban *full load*?

1.3 Batasan Masalah

Agar thesis ini sesuai dengan tujuan maka diperlukan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Pengujian dilaksanakan pada *pulverizer* dengan batubara dengan batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg pada beban 100% MCR.
2. Pengambilan data pengujian dilakukan dengan variasi *primary air to coal ratio*: 1.7: 1, 1.8:1, dan 1.9:1 pada variasi pembukaan *pulverizer classifier vane* adalah: 40%, 45%, 50%, 55%, 60%,
3. Pengujian yang dilaksanakan pada *pulverizer* menggunakan batubara yang sama selama pengujian, yaitu batubara dengan nilai kalori 4961 HGI 49
4. Mekanisme pengeringan tidak dibahas dalam thesis ini.

5. Efek perlambatan karena belokan dan tumbukan antar partikel tidak dipertimbangkan.
6. Produksi *pulverizer* terdistribusi secara merata.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan “Study Eksperimental Pengaruh Variasi Setting Pembukaan Classifier Pulverizer Terhadap NPHR Untuk Batubara NK 4961 HGI 49” ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh prosentase pembukaan pulverizer *classifier vane* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% yang divariasikan dengan *primary air to coal ratio* 1,7:1, 1,8:1 dan 1,9:1 terhadap ukuran fineness hasil produk pulverizer?
2. Bagaimanakah pengaruh prosentase pembukaan pulverizer *classifier vane* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% yang divariasikan dengan *primary air to coal ratio* 1,7:1, 1,8:1 dan 1,9:1 terhadap kapasitas maksimum pulverizer?
3. Bagaimanakah pengaruh prosentase pembukaan *classifier vane* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% yang divariasikan dengan *primary air to coal ratio* 1,7:1, 1,8:1 dan 1,9:1 terhadap NPHR yang dipengaruhi *flue gas temperature*, *superheat spray flow* dan *reheat spray flow* pada beban *full load*?

1.5 Relevansi dan Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh pada saat dan atau setelah “Study Eksperimental Pengaruh Variasi Setting Pembukaan Classifier Pulverizer Terhadap NPHR Untuk Batubara NK 4961 HGI 49” ini dilakukan adalah :

1. Sisi Ekonomi

Hasil study ini mampu memberikan *setting* sudut pembukaan *classifier* yang sesuai dengan batubara NK 4961 HGI 49, sehingga mampu memberikan pertimbangan dan pengetahuan mengenai produksi *pulverizer* yang paling optimal sehingga mampu menurunkan *flue gas temperature* dan konsumsi *spray water*.

2. **Sisi Iptek**

Hasil yang diperoleh melalui penelitian ini, dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sudut pembukaan *fixed Pulverizer classifier* untuk batubara dengan NK 4961 HGI 49.

3. **Sisi Manfaat Masyarakat**

Dengan banyaknya konsumsi batubara dari Kalimantan khususnya yang digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit PLTU sehingga hasil penelitian ini dapat dilakukan sebagai acuan *setting pulverizer classifier* yang tepat.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Pengertian dan Konsep Pulverizing*

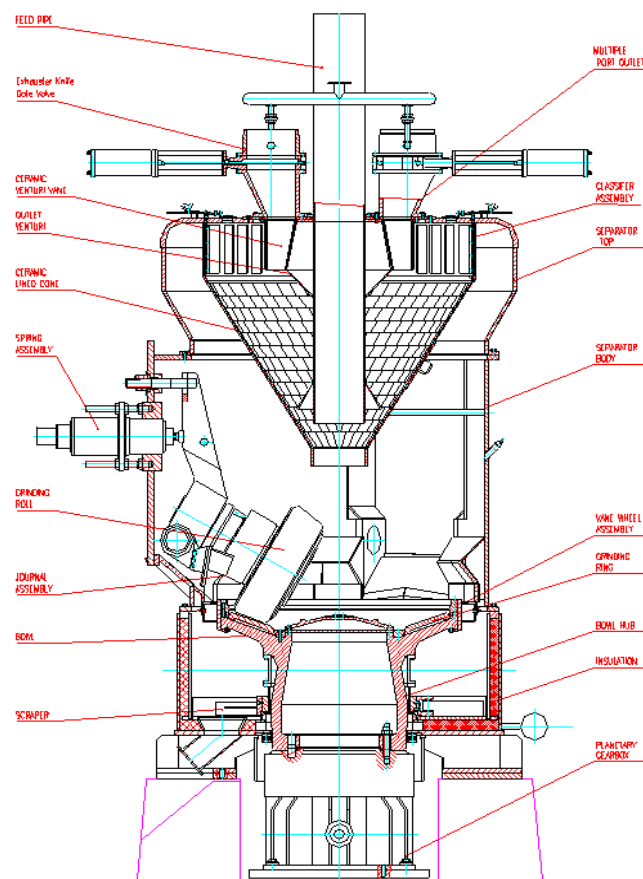
Dalam sistim PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), *coal pulverizer* memegang peranan penting dalam tercapainya pembakaran yang efisien di dalam *furnace* (ruang bakar). Secara umum proses *pulverizing* adalah suatu proses untuk menghaluskan suatu padatan dengan ukuran tertentu menjadi ukuran yang sesuai dengan standart desain yang diperlukan. Tujuan utama dari *pulverizing* ini adalah untuk mendapatkan ukuran butiran dan *specific surface* atau ukuran distribusi ukuran butiran yang optimal. Pada proses penggilingan material, ukuran butiran yang lebih kecil mempunyai *specific surface* yang lebih besar. Pada PLTU penggilingan dan penghalusan padatan batubara untuk dimasukkan ke dalam boiler adalah 200 mesh lolos diatas 70%. Dalam optimalisasi ukuran produk Pulverizer dibatasi dan dipertimbangkan terhadap konsumsi energi penggilingan yang diperlukan per unit *specific surface* area dan tetap mempertimbangkan potensi penggumpalan produk penggilingan/penghalusan butiran. Secara garis besar, tujuan dilakukan proses *pulverizing* adalah untuk:

- a. Mendapatkan ukuran partikel yang sesuai dengan kebutuhan dan proses pembakaran
- b. Meningkatkan *surface area*
- c. Memudahkan transportasi untuk proses selanjutnya

Proses yang terjadi dalam sistem *pulverizing* adalah:

- a. Proses Grinding (*grinded*) berlangsung pada *bowl coal pulverizer*. Batubara dari *coal feeder* masuk ke dalam *pulverizer* melalui *coal inlet pipe* menuju area tengah *bowl*. *Bowl* yang diputar menggunakan motor menyebabkan batubara akan terarah ke pinggir sehingga dapat digerus dan dilembutkan oleh *grinder roll*. Tujuan dari proses *grinding* ini adalah untuk mendapatkan batubara (*fineness*) berukuran kecil ($75\mu\text{m}$ / 200 mesh), untuk mempercepat proses pembakaran di dalam *furnace*.

- b. Proses Pengeringan (*dried*). Proses pengeringan dilakukan menggunakan udara primer yang dihembuskan oleh *primary air fan* yang telah dipanaskan menggunakan *primary air heater*. Udara primer (*primary air*) tersebut masuk ke dalam *coal pulveriser* melalui *vane-wheel*. Fungsi *vane wheel* menyebabkan udara primer menjadi turbulen sehingga turbulensi dari udara primer ini mampu mengangkat partikel batubara ke atas menuju area separasi sekaligus mengeringkan batubara. Temperatur udara primer yang dilakukan adalah dengan temperatur 255 °C.
- c. Diklasifikasi (*classified*). Butiran Batubara yang telah dihaluskan kemudian diklasifikasi oleh *classifier vane* berdasarkan *fineness* yang diinginkan, yaitu 75 ~ 80% partikel batubara lolos 200 mesh.



Gambar 2.1 Kontruksi Coal Pulverizer MPS 89N

Berdasarkan pada Gambar 2.1, bagian-bagian utama *coal pulverizer* adalah sebagai berikut:

- a. *Feed pipe* atau disebut juga *coal inlet pipe*, sebagai saluran masuk batubara dari *coal feeder* menuju pulverizer.
- b. *Pulverizer separator body*, di dalamnya terdapat:
 1. *Bowl*, sebagai meja pengarah batubara masuk sekaligus landasan penggerusan batubara
 2. Tiga buah *grinder roll*, sebagai bagian utama penggerus *row coal* batubara menjadi butiran halus

Separator body adalah tempat terjadinya proses *grinding*, *gravity separation* (hanya butiran kecil batubara yang dapat terangkat oleh udara primer) serta proses *drying*.

- c. *Classifier*, merupakan bagian *coal pulveriser* untuk memisahkan batubara halus sesuai dengan spesifikasi fineness. Untuk standart PLTU Suralaya adalah 75 μ m / 200 mesh.
- d. *Vane-wheel*, merupakan damper yang dipasang dengan sudut kemiringan 45°. Udara primer masuk ke dalam *coal pulveriser* akan membentuk turbulensi yang dapat membantu mengangkat partikel batubara yang sudah ter-*grinding*.

2.2 Batasan Operasi *Pulverizer*

Terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian *pulverizer* untuk menjaga kapasitas dan performa suatu *pulverizer*. Batasan operasi ini mempengaruhi terhadap kinerja *pulverizer* secara keseluruhan (Gills, 1984). Adapun parameter-parameter yang mempengaruhi tersebut antara lain:

- a. *Pulverizer Outlet temperature*

Penyetelan terhadap *pulverizer outlet temperature* dibatasi antara 45 °C sampai dengan 85 °C. Hal ini bertujuan untuk menjaga kualitas dan keamanan dari sisi peralatan. Apabila temperatur *pulverizer outlet* tersebut

terlalu tinggi maka berpotensi terbakarnya *fineness* akan sangat besar karena tercapainya *ignition point* dari *fineness*. Namun apabila setting temperatur *pulverizer outlet* tersebut terlalu rendah maka resiko terjadinya gumpalan batubara akan sangat besar, sehingga menimbulkan kegagalan transportasi *fineness* batubara dari pulverizer ke dalam boiler.

b. *Hardgrove Grindability Index (HGI)*

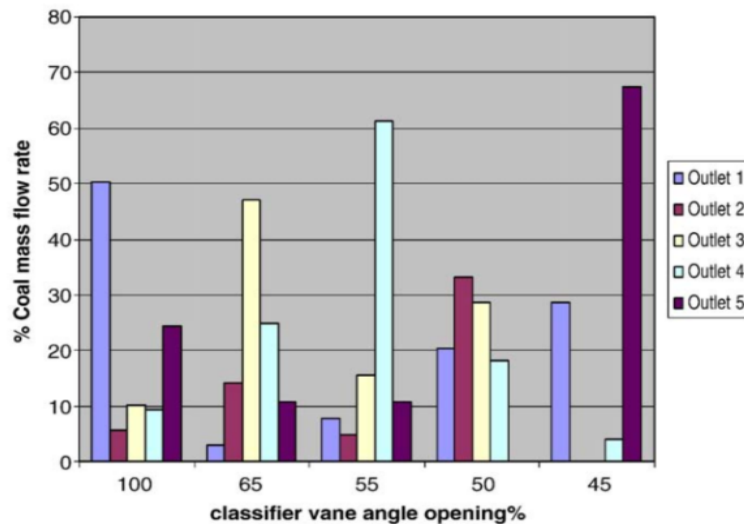
Hardgrove Grindability Index (HGI) adalah suatu index yang menunjukkan kemudahan batubara digerus untuk dijadikan serbuk batubara (*fineness*). *Hardgrove grindability* menunjukkan skala index dari angka 20 sampai dengan angka 100 dimana angka 20 menunjukkan bahwa batubara tersebut sangat keras sedangkan untuk 100 menunjukkan batubara tersebut sangat mudah digiling untuk dijadikan serbuk.

2.3 Literature Review

2.3.1 Efek Variasi Sudut Classifier

K.V. Shah, R. Vuthaluru, dan H.B Vuthaluru melakukan investigasi mengenai efek pembukaan setting *classifier vane* terhadap *performance pulverizer*, menggunakan *Finite Element (FE)* dan *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Penelitian ini memodelkan kualitas hasil penggilingan batubara yang lolos 75 mesh lolos diatas 70%. Parameter untuk mendukung pemodelan dilakukan dengan melakukan pengujian secara *online* menggunakan batubara Western Premier Coal. Pengujian secara online dilakukan menggunakan dua (2) variasi pembukaan *classifier vane* yaitu sebesar 55% dan 65% untuk mengetahui pola aliran pada pembukaan *classifier vane* 45%, 55%, 65% dan 100%. Ukuran butiran produk penggilingan batubara pada pulverizer dilakukan dengan 75 μ m / 200 mesh lolos diatas 70%.

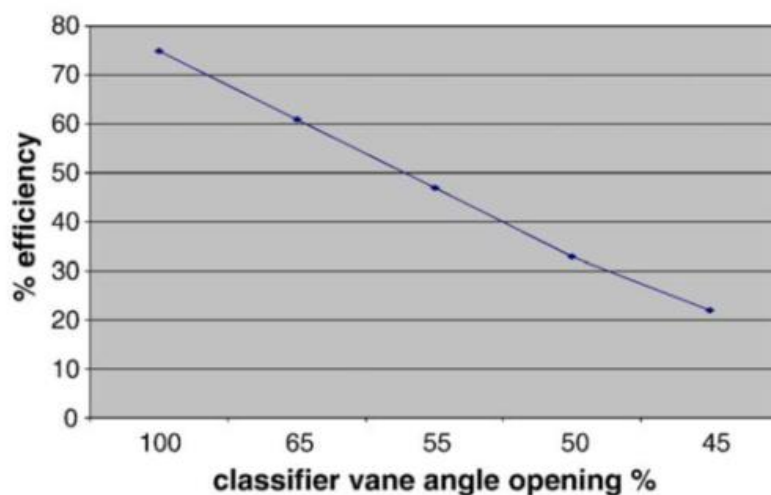
Dari pengujian yang dilakukan efek dari sudut *classifier vane* terhadap *mass flow rate* batubara produksi penggilingan *pulverizer* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukaan *Vane angle* VS % Coal Mass Flow rate (Shah, R.Vuthaluru, & H.B.Vuthaluru, 2008).

Pada Gambar 2.2 diatas diketahui bahwa pembukaan *classifier vane* mempengaruhi prosentase *coal mass flow* yang diproduksi oleh *pulverizer*. Kondisi rata-rata prosentase *coal mass flow* terlihat bahwa untuk pembukaan *classifier vane angle* untuk 45% adalah 20,2%, untuk 50% adalah 20%, 55% adalah 20%, 65% adalah 19,8% dan 100% adalah 25%. Disisi lain terlihat bahwa mass flow pada masing-masing coal pipe tidak seragam.

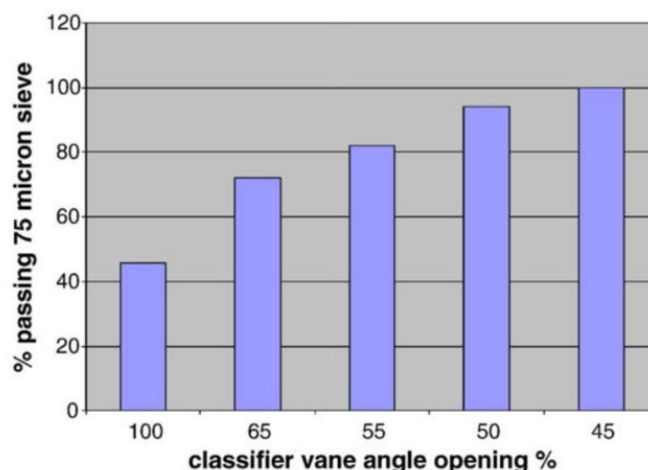
Untuk pengaruh sudut pembukaan *classifier vane* terhadap efisiensi adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukaan *vane angle* VS % efisiensi (Shah, R.Vuthaluru, & H.B.Vuthaluru, 2008)

Pada Gambar 2.3 diatas terlihat bahwa efisiensi *pulverizer* dipengaruhi oleh besarnya sudut yang secara linier efisiensi naik dipengaruhi oleh kenaikan sudut pembukaan *classifier vane*. Hal ini disebabkan oleh penurunan tekanan akibat laluan yang semakin sempit.

Pengaruh sudut terhadap ukuran butiran juga dapat ditunjukkan melalui grafik berikut:

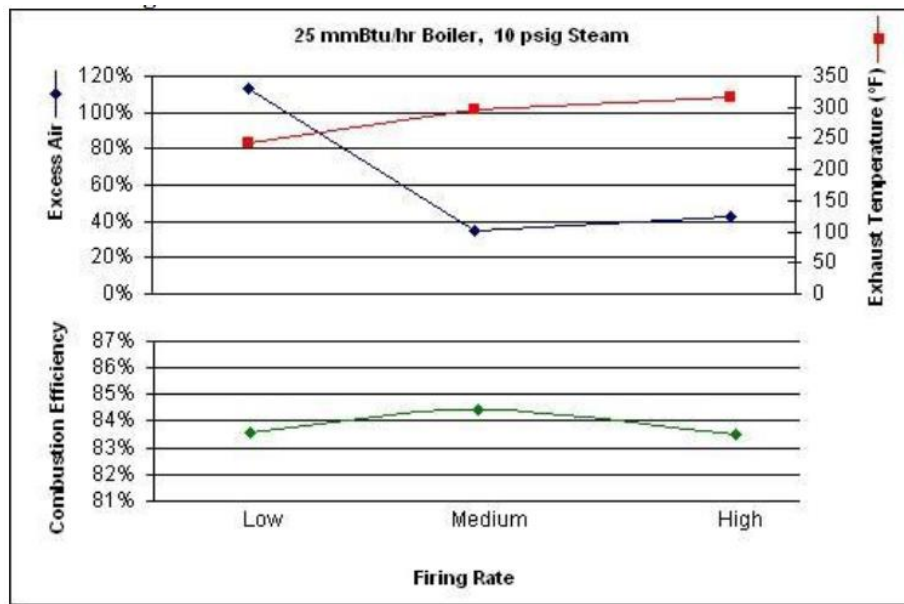


Gambar 2.4 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukaan *vane angle* VS % lolos 75 mesh (Shah, R.Vuthaluru, & H.B.Vuthaluru, 2008)

Pada Gambar 2.4 diatas terlihat bahwa semakin kecil sudut pembukaan classifier semakin tinggi prosentase partikel ukuran 75 micron yang lolos dan melalui *coal pipe*. Hal ini disebabkan karena semakin sempit pembukaan sudut *classifier vane* maka semakin tinggi kerapatan material sehingga material yang berukuran besar akan kehilangan daya angkat.

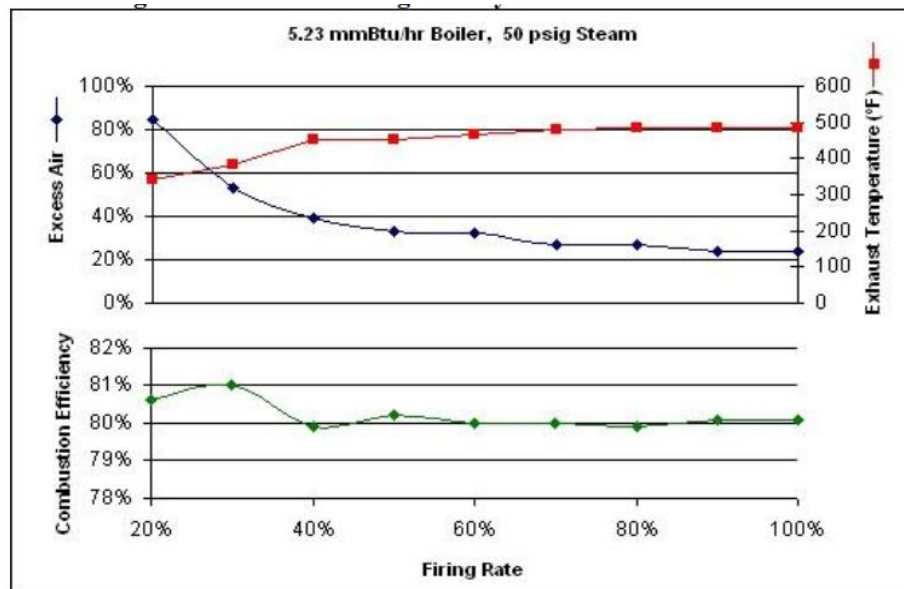
2.3.2 Efek variasi excess air pada Flue gas

Kevin Carpenter dan Chris Shmidt melakukan penelitian mengenai pengaruh jumlah *excess air* terhadap temperatur *flue gas*. Penelitian yang dilakukan adalah dengan pengujian langsung pada boiler tenger tipe Burner's Linking Mechanism yaitu *burner* dengan *single point Positioning*. Pengujian yang dilakukan adalah dengan melakukan variasi terhadap *excess air* dan variasi terhadap tekanan main steam hasil dari boiler. Hasil yang diperoleh pada pengujian untuk variasi *excess air* dengan tekanan main steam 10 psig adalah seperti terlihat pada gambar berikut ini:

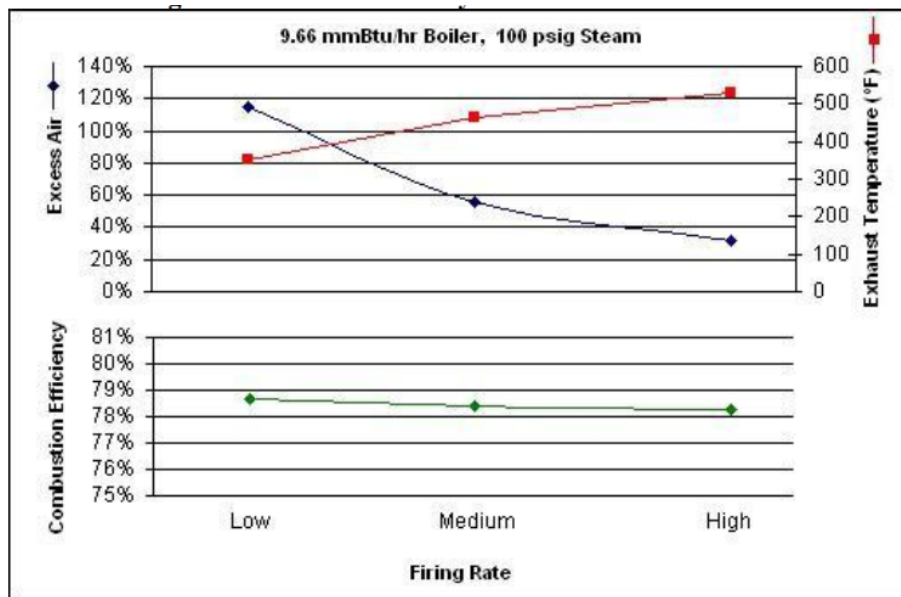


Gambar 2.5 Variasi *excess air* (%) pada tekanan *steam* 10 psig (Carpenter & Schmid, 2008)

Hasil yang diperoleh pada pengujian untuk variasi *excess air* dengan tekanan main steam 50 psig adalah seperti terlihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.6 Variasi *excess air* (%) pada tekanan *steam* 50 psig (Carpenter & Schmid, 2008)



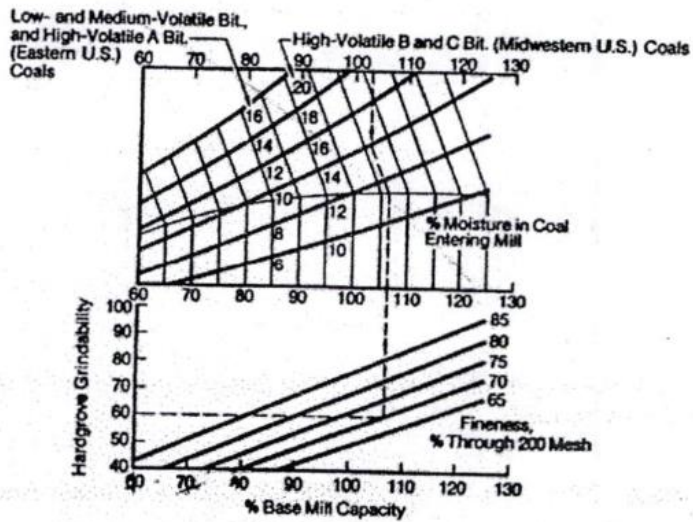
Gambar 2.7 Variasi *excess air* (%) pada tekanan *steam* 100 psig (Carpenter & Schmid, 2008)

Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa untuk boiler dengan *single - point positioning* terlihat bahwa semakin tinggi prosentase *excess air* semakin rendah terhadap temperatur *flue gas*. Namun terhadap firing rate bahwa untuk menaikkan firing rate makan dibutuhkan *excess air* yang semakin rendah, namun berimbas pada temperatur *flue gas* yang lebih tinggi.

2.4 Dasar Teori *Pulverizing* dan *Balance Energy Coal Pulverizer*

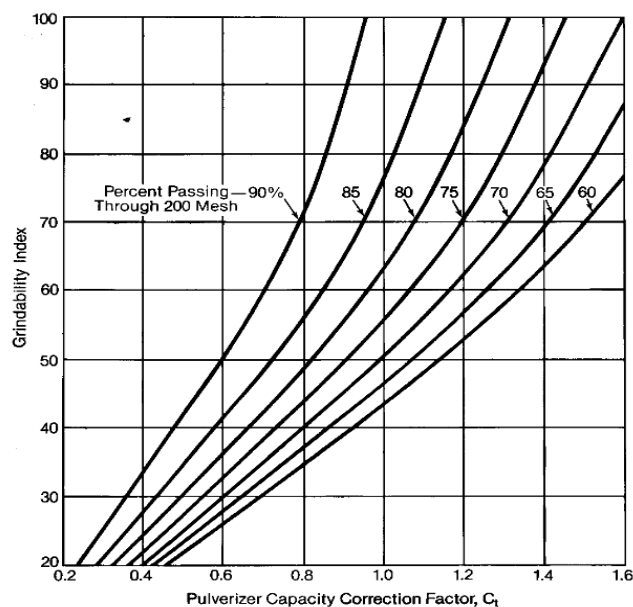
2.4.1 *Pulverizing* Kapasitas Penggilingan *Pulverizer*

Pulverizer didisain dengan mengacu pada suatu jenis batubata yang mempunya spesifikasi tertentu. Menurut Gambar 2.8, *pulverizer* uyang diumpankan dengan batubara high volatie bituminous Brand C dengan nilai HGI 60 dan produk lolos 200 mesh adalah 70% dengan menggunakan batubara dengan kadar moisture content 14% maka kemampuan melakukan penggilingan *pulverizer* menjadi sekitar 102,5% dari kapasitas desain *pulverizer*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa kenaikan dari kadar moisture dari 10% menjadi 14% pada batubara yang sama berpengaruh terhadap penurunan kemampuan penggilingan *pulverizer* dari sekitar 106,5% menjadi 102,5%.



Gambar 2.8 Hubungan antara kapasitas pulverizer sebagai fungsi HGI, fineness dan moisture (sumber: fossil Fuel Combustion, 11-6)

Kapasitas pulverizer dipengaruhi oleh tiga parameter utama, yaitu: indeks kekerasan batubara (HGI: *hard grove index*), kadar *moisture* batubara (inlet dan outlet), dan tingkat kehalusan fineness produk batubara. Pada kurva di Gambar 2.8 menunjukkan hubungan antara Kapasitas pulverizer, HGI batubara, fineness produk pulverizer serta kadar air dalam batubara.



Gambar 2.9 Hubungan antara kapasitas pulverizer dengan HGI (sumber: steam it user and generation, 12-11)

Kurva pada Gambar 2.9 menunjukkan hubungan antara factor koreksi (C_f) Kapasitas pulverizer sebagai fungsi HGI dan tingkat kehalusan produk batubara yang digiling (*fineness*). Pada gambar tersebut bahwa suatu pulverizer yang mempunyai kapasitas dasar 100% atau dengan nilai factor koreksi (C_f) 1,0 didasarkan pada HGI batubara dengan HGI 51 dan produk *fineness* lolos 200 mesh sebesar 70%. Gambar 2.8 dan 2.9 memperlihatkan bahwa semakin rendah nilai HGI (berarti semakin sulit digiling) menyebabkan kapasitas pulverizer berkurang untuk produk *fineness* yang sama, dan jika *fineness* diturunkan (berarti ukuran butiran lebih kasar) maka kapasitas pulverizer akan naik. Kadar moisture berpengaruh terhadap kemampuan penggilingan karena dapat menyebabkan sifat lengket dan menggumpal pada butiran-butiran batubara ketika digiling.

Balance Energy

Secara sederhana kesetimbangan energi pada *pulverizer* dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain:

- a. Temperatur udara primer masuk dalam *coal pulverizer*
- b. *Primary air fuel ratio*
- c. Temperatur batubara yang masuk ke dalam *pulverizer*
- d. Kandungan Moisture dalam batubara yang masuk ke dalam *pulverizer*
- e. Kandungan moisture batubara yang keluar dari *pulverizer*
- f. *Pulverizer outlet temperature*
- g. Minimum acceptable *Pulverizer outlet temperature*

Secara skematik sederhana bahwa kesetimbangan energi didalam *pulverizer* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.10 *Schematic* kesetimbangan energi

Sehingga secara sederhana terhadap skematik percampuran udara dan batubara diatas dapat ditulis dengan rumus yaitu:

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{air} + \dot{Q}_{coal} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\dot{Q}_{coal} = \dot{m}_c x (T_o - T_{i,c}) x C_{p,c} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\dot{Q}_{air} = \dot{m}_a x (T_o - T_{i,a}) x C_{p,a} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana: $\dot{Q}_{total}$ = *sensible heat available* in Pulverizer inlet air

$\dot{Q}_{total}$ = *sensible heat available in the coal inlet*

$\dot{m}_a$ = *flowrate* udara primer yang masuk ke *Pulverizer* (kg/s)

$\dot{m}_c$ = *flowrate* coal yang masuk ke *Pulverizer* (kg/s)

$T_{i,a}$ = temperatur udara primer masuk ke *Pulverizer* (K)

$T_{i,c}$ = temperatur batubara masuk ke *Pulverizer* (K)

T_{amb} = temperature ambient (K)

T_o = temperatur batubara keluar ke *Pulverizer* (K)

2.4.2 Bahan bakar dan Teori Pembakaran

Pada *furnace* terjadi proses pembakaran, yaitu reaksi oksidasi bahan bakar. Ketika terjadi pembakaran, ikatan-ikatan dalam molekul-molekul reaktan (bahan bakar dan oksigen dalam udara) terputus dan atom-atom membentuk menjadi produk reaksi (*flue gas*).

2.4.2.1 Bahan Bakar

Pada bahan bakar terkandung energi kimia, energi ini tersimpan dalam ikatan kimia yang kompleks. Bahan bakar dapat dikelompokkan berdasarkan fasenya, yaitu bahan bakar padat, cair dan gas. Batubara merupakan salah satu contoh bahan bakar padat yang banyak digunakan pada boiler. Batubara mempunyai beberapa jenis menurut kandungan material dan nilai kalornya seperti ditampilkan pada Table 2.1.

Table 2.1 *Classification of Coal by Rank*

Classification of Coal by Rank (ASTM D388-12)					
Coal Rank		Fix Carbon Limits	Volatile Content	Gross Calorific Value Limits	
		%	%	Btu/lb	MJ/kg
		dmmf	dmmf	Moisture mmf	moisture mmf
Antracite Class	Meta- Anthracite	≥98%	<2%		
	Anthracite	92 to 98%	2 to 8%		
	Semi-Anthracite (Lean Coal)	86 to 92%	8 to 14%		
Bituminous	Low Volatile Bituminous	78 to 86%	14 to 22%		
	Medium Volatile Bituminous	69 to 78%	22 to 31%		
	High Volatile A Bituminous	<69%	>31%	≥14,000	≥32.557
	High Volatile B Bituminous	<69%	>31%	13,000 to 14,000	30.232 to 32.557
	High Volatile C Bituminous	<69%	>31%	11,500 to 13,000	26.743 to 30.232
	High Volatile C Bituminous		>31%	10,500 to 11,500	24.418 to 26.743
Subbituminous	Subbituminous A coal			10,500 to 11,500	24.418 to 26.743
	Subbituminous B coal			9,500 to 10,500	22.09 to 24.418
	Subbituminous C coal			8,300 to 9,500	19.30 to 22.09
Lignite	Lignite A			6,300 to 8,300	14.65 to 19.30
	Lignite B			<6,300	<14.65

Sumber : ASTM D388-12,1998

Pada ke-empat kelas batubara diatas dapat dikelompokkan lagi menjadi tiga kategori yaitu *High Rank Coal* (HRC), *Medium Rank Coal* (MRC) dan *Low Rank Coal* (LRC). *Anthracitie* dikategorikan dalam kelas HRC, *bituminous* dan *sub-bituminous coal* dikategori dalam MRC sedangkan *lignite* dengan kandungan batubara rendah masuk ke kategori LRC.

Batubara yang akan digunakan perlu dilakukan analisa untuk mengetahui kadar apa saja yang terkandung didalamnya dan berapa nilainya. Analisa batubara dibagi menjadi dua jenis yaitu :

a. *Proximate analysis*

Proximate analysis coal adalah suatu pengujian dari *moisture*, *ash*, *volatile matter* dan *fixed carbon* yang ditentukan dengan suatu

metode tertentu. *Moisture* didefinisikan sebagai kadar air yang terkandung dalam batubara. *Ash* didefinisikan sebagai suatu zat sisa hasil dari pembakaran batubara. *Volatile matter* didefinisikan sebagai gas dan *vapour* yang terbawa selama proses *pyrolysis*. *Fixed carbon* didefinisikan sebagai fraksi *nonvolatile* pada batubara.

Terdapat berbagai macam metode untuk mengetahui kandungan air dalam batubara, antara lain ASTM D-1412, ASTM D-2961 dan ASTM D-3173. Akan tetapi tidak ada metode yang benar-benar dapat menentukan besarnya kandungan air pada batubara karena terlalu kompleknya ikatan air pada batubara. Terdapat beberapa bagian dari batubara yang mengandung air. Batubara yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan mempunyai kadar air yang relatif tinggi.

Ash mempunyai kandungan terbesar oksida dan sulfat. *Ash* terbentuk sebagai hasil perubahan kimia pada kandungan mineral selama proses *ashing*. Berbagai perubahan yang terjadi termasuk hilangnya air dari silicate minerals, hilangnya karbon dioksida dari carbonate minerals, oksidasi *iron pyrite* ke *iron oxide*, terbentuknya oksida sulfur sebagai dasar untuk magnesium dan calcium (Warnatz, 2006).

b. *Ultimate analysis*

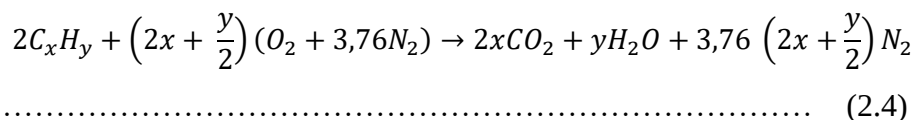
Ultimate analysis didapat dengan menentukan persen berat Carbon, Hydrogen, Oksigen dan Nitrogen yang berada dalam batubara. Carbon disini termasuk *organic carbon* pada substansi batubara dan carbon yang muncul sebagai mineral carbonat. Hydrogen yang terkandung pada batubara termasuk hidrogen sebagai mineral organik dan hidrogen yang berupa air dalam batubara. Nitrogen diasumsikan berada dalam bentuk *organic matrix* pada batubara. Sulfur dalam batubara terdapat dalam 3 bentuk, yaitu sebagai campuran organik sulfur, sebagai *inorganic sulfides* (FeS_2) dan sebagai *inorganic sulfates* (Na_2SO_4 , CaSO_4).

Nilai kalor (*calorific value*) batubara adalah panas yang dihasilkan dengan membakar sejumlah batubara pada bom kalorimeter

dengan oksigen pada kondisi tertentu. Nilai kalor batubara biasanya disebut dengan *Gross Calorific Value* (GCV) atau *High Heating Value* (HHV) dan *Net Calorific Value* (NCV) atau *Low Heating Value* (LHV). Perbedaan nilai antara HHV dan LHV adalah untuk nilai yang didapatkan pada HHV diasumsikan bahwa semua uap air yang dihasilkan selama pembakaran semuanya terkondensasi, sedangkan pada LHV diasumsikan kangsungan air terpisah dengan produk pembakaran tanpa sepenuhnya terkondensasi.

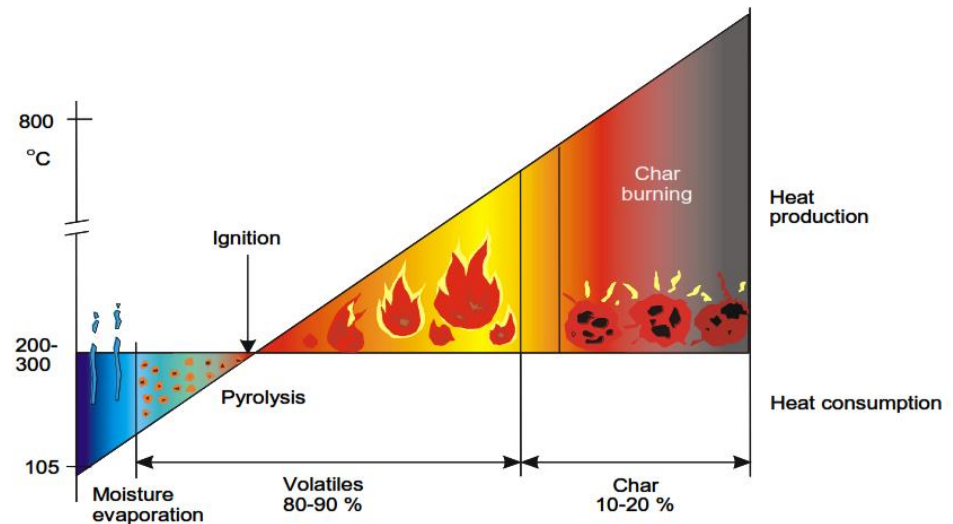
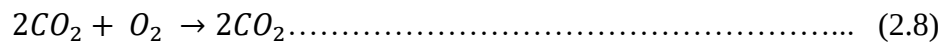
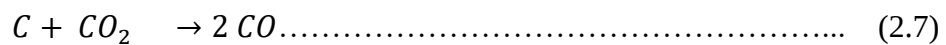
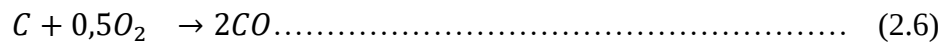
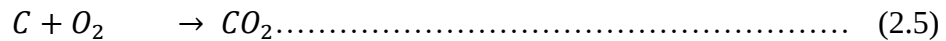
2.4.2.2 Teori Pembakaran

Pada Proses pembakaran diperlukan adanya bahan bakar dan oksigen yang terkandung dalam udara pembakaran. Proses pembakaran akan menghasilkan panas bersamaan dengan terbentuknya hasil pembakaran. Elemen penting pada reaktan dalam proses pembakaran adalah carbon dan hydrogen. Pembakaran dikatakan sempurna apabila semua carbon yang terkandung dalam bahan bakar habis terbakar menjadi karbon dioksida, semua hidrogen terbakar menjadi uap air seperti ditampilkan pada persamaan reaksi 2.4



Proses pembakaran batubara terbagi menjadi 3 tahap, yaitu: *pyrolysis* batubara, pembakaran *volatile* dan pembakaran *coke* (Warnatz, 2006). Pada tahap *pyrolysis*, batubara terpisah komposisi *volatile* dan komposisi bagian yang kaya karbon yang disebut *coke*. Tahap ini terjadi diatas temperatur 600 K. Pada tahap pembakaran *volatile*, komposisi *volatile* akan terbakar dalam fase gas. *Volatile* tersusun dari senyawa CH₄, H₂, CO, HCN dan lain-lain. Senyawa-senyawa ini dapat bereaksi ulang membentuk *tar*. Proses kimia selanjutnya yaitu terdifusinya *volatile* ke permukaan partikel batubara, kemudian menguap kemudian terbakar. Proses terakhir pembakaran batubara adalah pembakaran *coke*, *coke* mempunyai kandungan carbon yang tinggi, mempunyai tekanan penguapan yang rendah. Karbon

dipermukaan partikel dioksidasi menjadi CO oleh gas CO₂ atau O₂. Pada proses pembakaran coke komposisi yang tidak dapat terbakar disebut *ash*. Skema proses pembakaran ditampilkan pada Gambar 2.11. Mekanisme reaksi kimia yang terjadi pada pembakaran *coke* ditampilkan pada persamaan reaksi (2.5) sampai dengan (2.8).



Gambar 2.11 Skema Proses Pembakaran Partikel Batubara (J. Warnatz, 2006)

Dalam reaksi pembakaran di boiler, udara pembakaran disediakan oleh *Force Draft Fan (FDF)* dan *Primary Air Fan (PAF)*. Output udara dari FDF digunakan sebagai *secondary air*, sedangkan output dari PAF digunakan sebagai *primary air*. Pada boiler dengan bahan bakar batubara, *primary air* digunakan sebagai media pembawa batubara dari *pulverizer* menuju ke *furnace*. Udara pembakaran yang disuplai ke boiler terkandung berbagai unsur selain oksigen, kandungan oksigen dalam udara kering ditampilkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel Komposisi Udara Kering

Komponen	Fraksi Mol (%)
Nitrogen	78,08
Oksigen	20,85
Argon	0,93
Karbon dioksida	0,03
Neon, Helium, Metana, dll	0,1

Sumber : (Moran J. M., 2004)

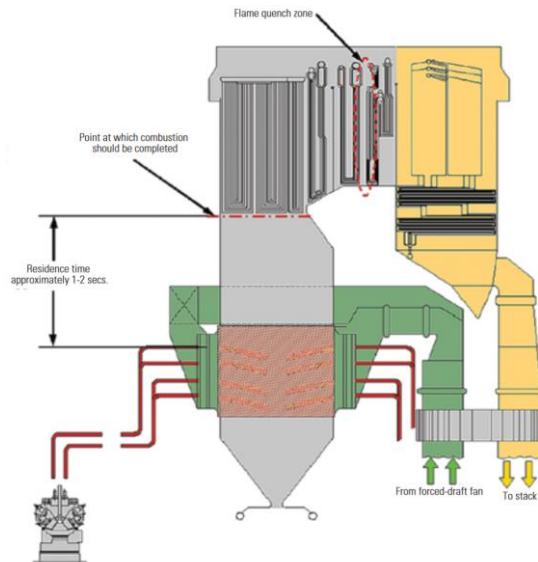
Pada proses pembakaran perlu diperhitungkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk terbakar sempurna. Parameter yang sering digunakan dalam memberikan kuantifikasi jumlah udara dan bahan bakar dalam sebuah proses pembakaran adalah rasio udara-bahan bakar (Air-Fuel Ratio, AFR). Rasio ini dapat dituliskan dalam basis molar maupun basis massa.

$$AFR = \frac{\text{Massa udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{\text{mol udara} \times BM_{\text{udara}}}{\text{Mol coal} \times BM_{\text{coal}}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dalam pembakaran diperlukan jumlah minimum udara yang memberikan oksigen yang cukup untuk pembakaran sempurna terhadap semua karbon, hidrogen dan sulfur yang terdapat dalam bahan bakar. Kebutuhan udara ini disebut udara teoritis. Dalam kondisi ini, tidak terdapat oksigen bebas yang muncul dalam produk pembakaran. Dalam aplikasi industri, diperlukan lebih dari jumlah udara teoritis dalam proses pembakaran untuk menjamin pembakaran sempurna. Kelebihan udara ini disebut *excess air*. *Excess air* diperlukan karena pencampuran udara dan bahan bakar dalam burner biasanya tidak dapat 100% sempurna. Efek negatif dari *excess air* adalah terserapnya energi pembakaran yang dibawa oksigen bersama produk pembakaran.

2.4.2.3 Residence Time

Residence time adalah waktu tinggal maksimum saat proses pembakaran batubara yang terhitung didalam ruang bakar pada dalam boiler. Perhitungan volume boiler (*furnace*) terhitung dari *elevasi top lever burner* hingga *boiler arc-nose*.



Gambar 2.12 *Furnace Residence time* (Richard F. (Dick) Storm, 2017)

Residence time dapat dihitung dengan rumus:

$$T = \frac{V_{furnace}}{\dot{V}_{(coal+udara)}} = \frac{V_{furnace}}{\left(\frac{\dot{m}_{coal}}{\rho_{coal}} + \frac{\dot{m}_{udara}}{\rho_{udara}}\right)} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan :

T : Resident Time (s)

$V_{furnace}$: Furnace Volume (m)

$\dot{V}_{(coal+udara)}$: Volume campuran batubara dan udara per detik (m³/s)

$\dot{m}_{coal}$: laju aliran masa batubara(kg/s)

$\dot{m}_{udara}$: laju aliran masa udara (kg/s)

ρ_{coal} : massa jenis masa batubara (kg/m³)

ρ_{udara} : massa jenis masa udara (kg /m³)

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Metode eksperimental yang dilakukan adalah dengan melakukan eksperimental pada *Coal Pulverizer* unit 6 PLTU Suralaya dengan batubara dengan Nilai Kalori (NK) 4961 dan HGI 49 pada Power Plant berkapasitas 600 MW. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.1 Pelaksanaan Penelitian

3.1.1 Pelaksanaan Pra Penelitian

Perhitungan *feedrate* batubara pada Boiler dengan kapasitas 600 MW dengan batubara Sub bituminus dengan nilai kalori 4961 kCal/kg dan HGI 49. Tujuan dari perhitungan adalah untuk mendapatkan *feedrate* batubara pada pulverizer yang mampu menghasilkan daya pembangkit mencapai 600 MW menggunakan batubara dengan nilai kalori 4961 kCal/kg HGI 49. Software yang digunakan dalam perhitungan ini adalah program GE Gatecycle versi 6.1. Data ini selanjutnya digunakan sebagai data acuan terhadap hasil pengujian *feedrate (coal flow)* batubara hasil penggilingan batubara saat dilakukan pengujian dengan variasi pembukaan *classifier pulverizer* sebesar 40%, 45%, 50%, 55%, dan 60% (lampiran 3) dengan variasi primary air to coal ratio 1.7:1, 1.8:1, dan 1.9:1.

3.1.2 Pelaksanaan Penelitian/eksperimen

Pelaksanaan kegiatan eksperimen dilakukan dengan mengukur pengaruh besarnya prosentase pembukaan *classifier vane* terhadap produk *grinding* yang memenuhi standarisasi kualitas *fineness* yaitu 200 mesh diatas 70%. Variasi prosentase pembukaan *classifier vane* dilakukan yaitu pada pembukaan 40 %, 45%, 50%, 55%, 60%. Pengujian ini juga dilakukan dengan variasi *setting Primary Air to Coal Ratio* sebesar 1,7: 1; 1,8:1; dan 1,9:1 sehingga dapat diketahui campuran *Primary Air to Coal Ratio* yang paling tepat untuk pulverizer PLTU Suralaya unit 6.

3.1.3 Percobaan Variasi Pembukaan Classifier dan *Primary Air to Coal Ratio*

Percobaan ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh prosentase pembukaan pulverizer *classifier* dan *primary air to coal ratio* terhadap variasi tingkat kehalusan *fineness* (bubuk batubara), dan pengaruhnya terhadap pembakaran batubara khususnya pada *Superheater Attenuator Spray flow*, *Reheater Attenuator Spray flow* dan *Flue Gas temperature*.

3.1.4 Analisa dan Diskusi Hasil Percobaan

Analisis dilakukan terhadap hasil percobaan yaitu:

- a. Pengaruh variasi pembukaan prosentase pembukaan pulverizer *classifier* dan *primary air to coal ratio* terhadap produk *coal fineness (Cf)* Pulverizer
Analisa dilakukan untuk mengetahui hubungan matematis antara prosentase pembukaan *classifier* dan *primary air to coal ratio* terhadap variable *fineness* batubara produk pulverizer

- b. Pengaruh produk *coal fineness (Cf)* terhadap pembakaran
Analisis dilakukan untuk mengetahui hubungan secara matematis antara produk *coal fineness* hasil variasi pembukaan *pulverizer classifier* dan *primary air to coal ratio* terhadap:

- *Superheater Attenuator Spray Flow*
- *Reheater Attenuator Spray Flow*
- *Flue Gas Temperature*

3.1.5 Kesimpulan

Menyimpulkan hasil penelitian berdasarkan data analisis yang diperoleh dari percobaan yang dilakukan.

3.2 Pengambilan data operasi dan pengambilan sampel

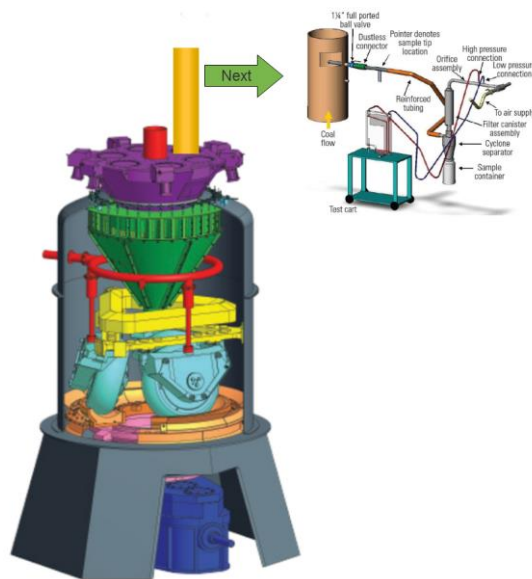
Untuk mengetahui performa pulverizer maka kriteria parameter yang dibutuhkan adalah:

- Kesetimbangan *fuel flow* antar coal pipe adalah +/- 10% dari rata-rata *fuel flow*.
- Kesetimbangan untuk *dirty air flow* untuk masing- masing coal pipe adalah +/- 5% dari air flow rata-rata.
- Minimum *fineness* yang sesuai adalah lebih dari 70% lolos 200 mesh dan kurang dari 0,1 % pada ukuran 50 mesh.
- Perbedaan massa udara dan bahan bakar tiap *coal pipe* adalah +/- 5% dari rata-rata.
- Temperature outlet pulverizer* +/- 68 °C
- Minimum fuel line velocity* 3,300 Fpm (1005 Mpm)

Dalam kegiatan eksperimental maka data yang didapatkan adalah:

a. Isokinematic Test

Untuk mengambil sampel *fineness* yang dilakukan pada *coal pipe* *Pulverizer* unit 6, gambar skematik sampel *fineness* batubara sesuai dengan Gambar 3.1 dibawah ini:

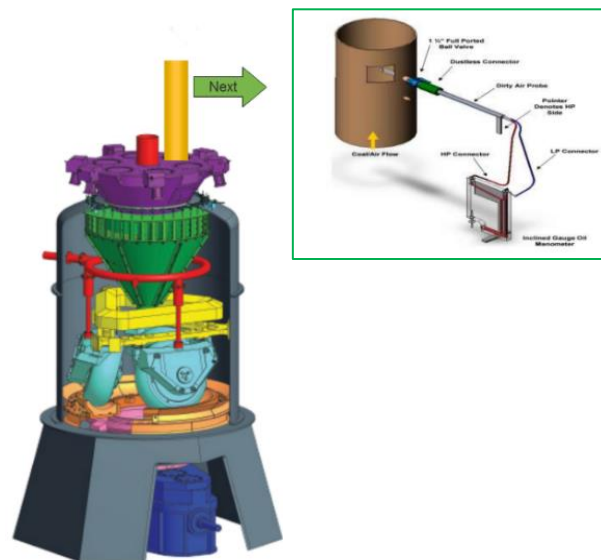


Gambar 3.1 Schematic pengambilan data *fineness* pada *coal pipe*

Pengambilan data *Isokinetic Test* ini dimaksudkan untuk mengetahui ukuran partikel *fineness* yang melewati *coal pipe*, sehingga dapat mengetahui terhadap efektifitas penggerusan batubara pada *pulverizer*.

b. *Dirty Air Pitot Test*

Pengambilan data dilakukan pada masing-masing *coal pipe pulverizer* unit 6, gambar skematik *Dirty Air Pitot Test* sesuai dengan gambar 3.2 dibawah. Tujuan dari pengambilan data *Dirty Air Pitot test* ini adalah untuk mengukur kecepatan aliran partikel batubara atau *fineness* pada *coal pipe*.



Gambar 3.2 *Schematic Dirty Air Pitot Test*

c. Pengambilan Data Loger (Data Operasional Pembangkit)

Pengambilan data loger dilakukan dengan melakukan pengambilan data operasi pembangkit selama proses pengujian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seluruh parameter operasi dan pengaruh *setting classifier* pada Unit. Parameter operasi ini digunakan sebagai pertimbangan dalam perhitungan dan Analisa mengenai pengaruh *setting coal pulverizer Pulverizer classifier vane* terhadap operasi unit pada beban 100% MCR (600 MW).

3.2.1 Peralatan Pendukung dan Bahan Penelitian

3.2.1.1 Peralatan utama pengujian

Peralatan yang digunakan pada saat penelitian adalah:

- a. Pulverizer type MPS89-N
- b. Boiler kapasitas 600 MW
- c. Data Logger DCS
- d. Coal Feeder

3.2.1.2 Peralatan Pengukuran

a. *Coal Fineness Sampler Kit*

Coal Fineness sampler kit merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengambilan sample fineness batubara pada *coal pipe pulverizer* menuju *burner*.

Cara penggunaan alat tersebut adalah:

- Tutup *Sampling Port* pada coal pipe dibuka
- Ujung pipa sampler kit dimasukkan kedalam *sampling port* secara tegak lurus dengan coal pipe.
- *Sampler kit* didorong dan menggerakkan masuk kedalam coal pipe dengan durasi 5-7 menit dan tarik kearah luar selama 5-7 menit.
- *Sample coal fineness* di dalam tabung sampel selanjutnya ditampung ke dalam *plastic sample* pengujian

Spesifikasi peralatan:

Produk	: ABB-CE
Volume sample	: 1 titer
Panjang pipa sampler kit	: 120 cm
Diameter cyclone	: 15 cm

b. *Automatic Calorimeter LECO AC-350*

Automatic Calorimeter LECO AC 350 merupakan alat *instrument calorimeter* berbasis Window, yang dikembangkan untuk mengukur nilai kalori dari berbagai jenis bahan organik seperti batubara, kokas dan minyak

bakar. Nilai kalori dari sample ditentukan oleh pembakaran sample dalam suatu wadah terkendali. Panas yang dilepaskan secara proporsional dengan nilai kalori dari substansi.



Gambar 3.3 Chassis Dynamometer Dynostar LECO D70

Pada *Automatic Calorimeter LECO AC 350*, sample ditempatkan dalam sebuah wadah dengan tekanan tinggi yang disebut *combustion vessel*. *Combustion Vessel* ditempatkan dalam sebuah wadah yang berisi air yang kemudian dibakar. Suhu air diukur dengan *thermometer electronic* dengan resolusi 1/10,000 derajat. Selama analisa untuk mengontrol suhu jacket digunakan fan yang di kontrol.

Dalam sistem *isoperibol*, memungkinkan terjadinya pertukaran energi antara lingkungan luar dengan air dalam *bucket* yang mengelilingi *combustion vessel*. Ini diterus dicatat dengan terus memantau suhu *bucket* dan *jacket* selama analisa dengan tujuan untuk mengoreksi hasil analisa.

Microprosesor mengukur suhu air sekitar *combustion vessel* setiap enam detik. Analog digital converter digunakan untuk mengubah output menjadi bilangan biner untuk memudahkan pengolahan dalam memori. Perbedaan suhu air dalam bucket sebelum firing dan pasca firing diproses oleh komputer untuk ditampilkan hasilnya setelah dikoreksi spiking dan nilai kalor fuse yang digunakan pada saat pembakaran. Untuk mendapatkan nilai netto kalori dapat ditambahkan koreksi Nitrogen, Hidrogen, Sulfur, kadar air dan kadar abu sample. Jika nilai Sulfur dan Nitrogen salah dapat dikoreksi dengan melakukan itrasi isi sisa pembakaran dalam *combustion vessel*.

c. Dual Range Sulfur Analyzer LECO S-144DR

Dual Range S 144 DR adalah alat untuk analisa *Carbon Sulfur non-dispersive, infrared, software* pengontrol instrument yang di disain untuk mengukur kandungan karbon dan sulfur dalam berbagai macam material seperti batubara, kokas, dan minyak serta beberapa bahan anorganic seperti tanah, semen, dan batu gamping.

Analisa dimulai saat sebuah sample (berat nominal 0.350g) ditimbang ke dalam sebuah *combustion boat*. Ketika analisa dipilih dari menu sample, sample ditempatkan dalam lingkungan oksigen murni biasanya pada suhu 1350°C. kombinasi suhu furnace dan aliran gas analisa menyebabkan sample terbakar. Semua bahan yang terkandung dalam combustion boat menguap melalui sebuah proses oksidasi-reduksi yang menyebabkan senyawa karbon dan sulfur pecah menjadi karbon dan sulfur yang bebas. Karbon kemudian teroksidasi membentuk CO₂ dan sulfur membentuk SO₂. (system pembakaran didisain untuk mencegah atmosfer/udara luar untuk masuk kedalam zona pembakaran).



Gambar 3.4 Dual Range Sulfur Analyzer LECO S-144DR

Gas sample pertama menguap melalui boat stop pada bagian belakang inner combustion tube. Gas sample kemudian bergerak diantara inner dan outer tube, yang memungkinkan gas sample/hasil pembakaran sample untuk tetap dalam suhu tinggi untuk waktu yang cukup lama dan memungkinkan oksidasi yang lebih efisien

Dari system pembakaran, aliran gas melalui dua buah tabung anhydrone untuk menghilangkan uap air, melalui sebuah *flow controller* yang diset untuk aliran gas sample sebesar 3.5L/menit, dan kemudian melalui pendeteksi infra red cell.

Carbon IR cell mengukur kosentrasi dari gas karbon dioksida. Sulfur IR Cell mengukur kosentrasi dari gas sulfur dioksida. Instrument akan mengkonversikan nilai ke sebuah nilai persen/ ppm, menggunakan sebuah persamaan yang sudah ditetapkan dalam *software* yang mana memperhitungkan berat sample, kalibrasi dan nilai moisture yang sudah diketahui.

d. Thermal Measurement dan Datalogger DAQ Pro 5300

DAQ Pro 5300 ini digunakan untuk menyimpan data temperatur dengan menggunakan sensor Temperatur PT100 RTD 2 *channel* yang akan dipasang pada permukaan *winding* dan permukaan *heatsink*. Selain itu DAQ Pro juga dapat digunakan untuk menyimpan data tekanan statis dan stagnasi menggunakan sensor *Pressure transducer* dan *Pitot tube*. Tekanan statis dan stagnasi ini diukur untuk mengetahui kecepatan aliran fluida.



Gambar 3.5 DAQ Pro 5300 dan Thermocouple

e. Thermogravimetric Analyzer TGA-601



Gambar 3.6 Thermogravimetric Analyzer TGA-601

Alat Analisis Termogravimetri Leco TGA-601 adalah alat yang dirancang untuk mengukur persen total Kelembaban / Abu dalam batubara. Secara efektif menentukan kadar Kelembaban / Abu didapatkan selama pengujian 4,25 jam dalam partikel batubara pada berbagai tingkat Kelembaban / Abu, Thermogravimetric Analyzer TGA-601 memiliki fitur keseimbangan bawaan (sensitivitas terhadap 0,0001 gram) yang terletak di dalam rongga pemanas keramik. Keseimbangan secara individual berat hingga 19 cawan untuk melebur keramik (masing-masing mampu memegang satu hingga lima gram sampel) diposisikan pada korsel berputar. Pengukuran berat sampel dicatat sebagai nilai numerik dan sebagai representasi grafis menggunakan perangkat lunak operasional berbasis Window. Suhu rongga pemanas keramik internal disesuaikan dengan kontrol properti termal yang ditingkatkan. Suhu dapat ditingkatkan dan ditingkatkan (dari 25 hingga 1000 derajat C) per metode aplikasi yang diinginkan.

f. Elemental Analyzer Leco CHN-2000



Gambar 3.7 Elemental Analyzer Leco CHN-2000

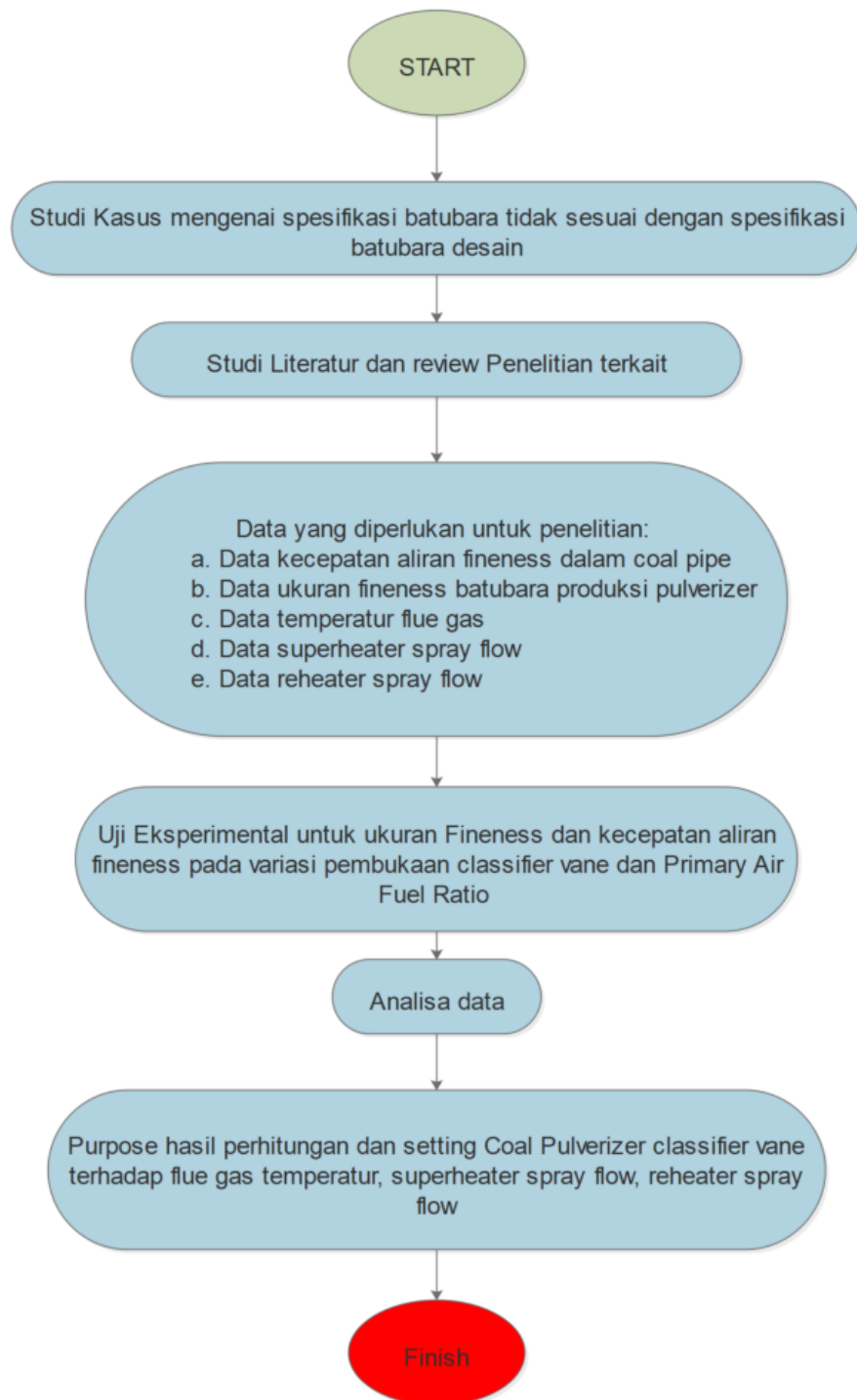
Elemental Analyzer Leco CHN-200 adalah alat yang digunakan untuk Penganalisis Unsur Karbon, Hidrogen, dan Nitrogen dalam organik

3.2.2 Prosedur Pengambilan Data Eksperimen

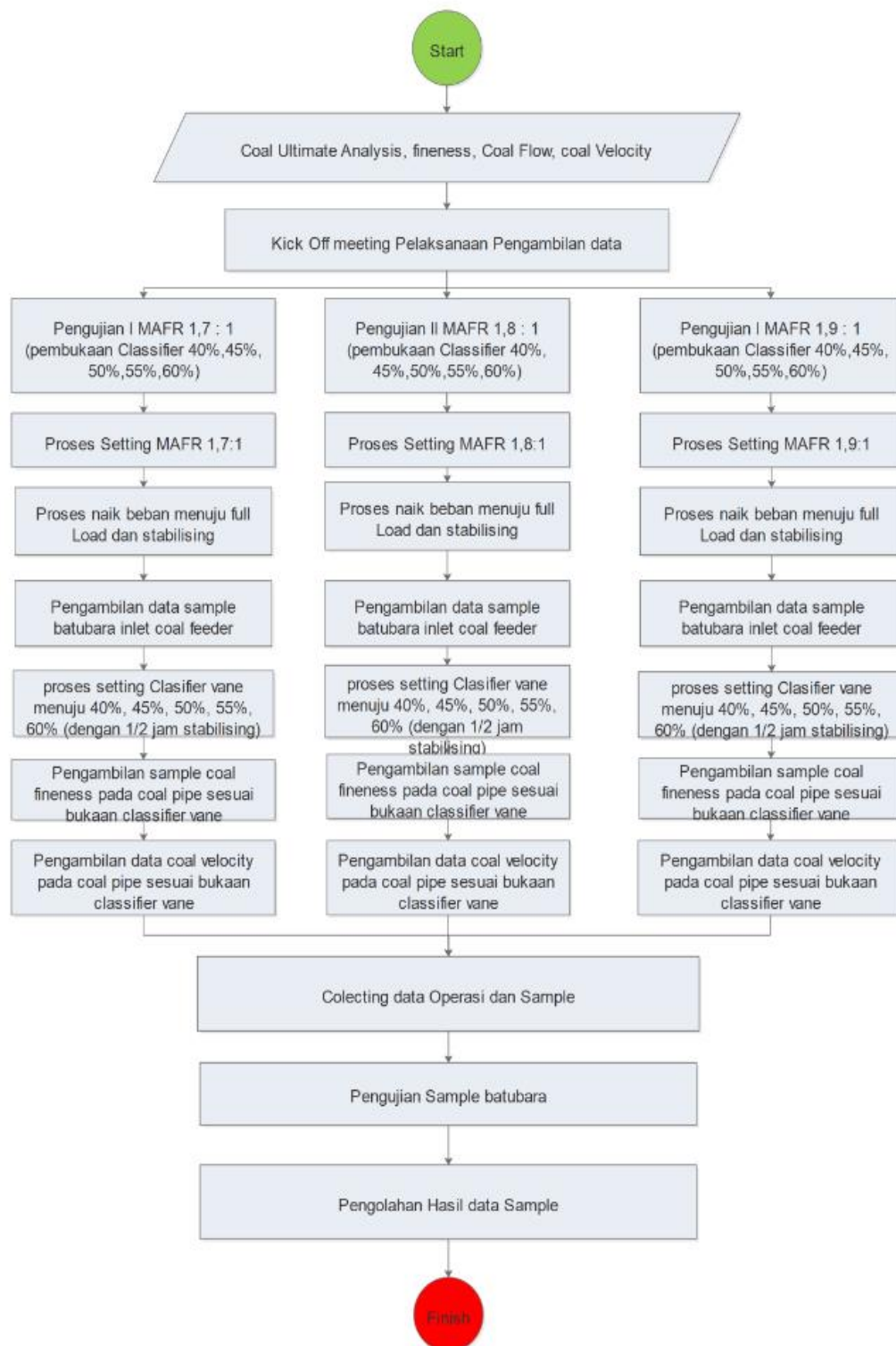
Berikut prosedur pengambilan data eksperimen ini :

1. Men-*setting* seluruh komponen pendukung sesuai dengan gambar pada instalasi penelitian.
2. Melakukan uji coba pengukuran pada setiap alat ukur untuk memastikan seluruh alat ukur bekerja dengan baik.
3. Melakukan kalibrasi alat.
4. Memastikan feeding batubara yang masuk ke dalam boiler adalah batubara Berau Coal.
5. Memastikan beban unit adalah *full load* (100 MCR).
6. Melakukan proses stabilisasi beban selama 1 jam operasi.
7. Melakukan pengambilan data sample batubara pada *inlet coal feeder* untuk memastikan kualitas feeding batubara dan nilai kalor batubara.
8. Melakukan proses pemasangan alat sampling *fineness* batubara pada area *coal pipe* dan melakukan pengambilan *sample fineness* batubara.
9. Melakukan proses pemasangan alat uji *velocity* dan pengambilan data *velocity* pada area *coal pipe*.
10. Melakukan proses pencatatan hasil pengujian *velocity* dan *pressure*.
11. Melakukan prosedur tersebut dengan variasi pembukaan *coal classifier vane* sebesar 40%, 45%, 50%, 55%, 65% dan variasi *Primary Air to Coal Ratio* 1.7:1, 1.8:1, dan 1.9:1.

3.3 Flowchart Penelitian



Gambar 3.8 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3.9 *Flowchart* Metode Eksperimen

BAB 4

PEMBAHASAN DATA DAN ANALISA

4.1 Proses Pengambilan Data

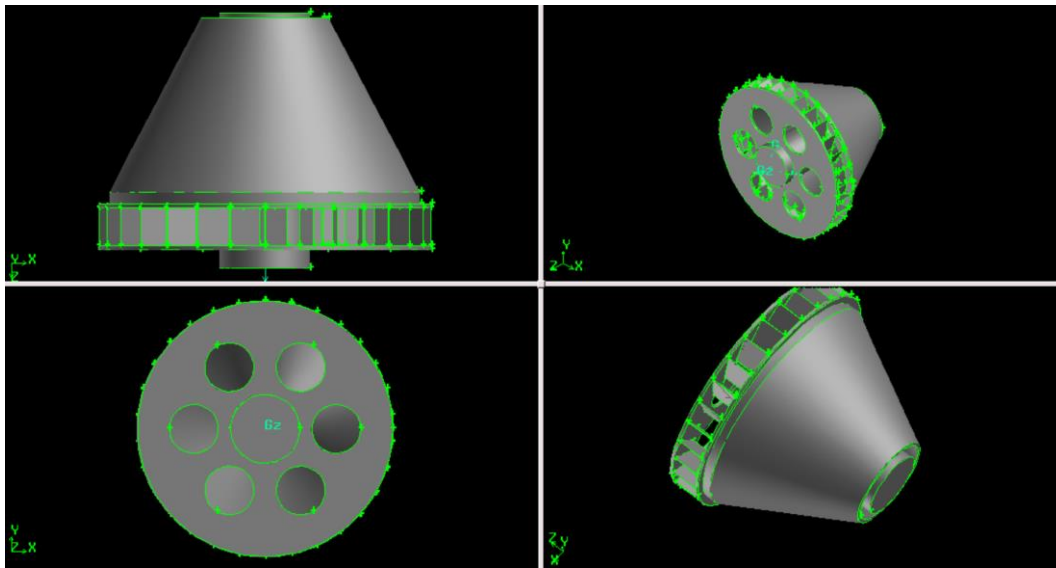
Proses pengambilan data untuk eksperimental pengaruh variasi *setting* pembukaan *classifier pulverizer* terhadap produksi *fineness* lolos 200 *mesh* untuk batubara dengan nilai kalori (NK) 4961 HGI 49. Data *ultimate analysis* batubara yang digunakan adalah sebagai berikut:

Table 4.1 Tabel *Ultimate Analysis* Batubara HGI

No	Parameter	Satuan	As Received
1	Total Moisture	%Wt	24,94
2	Ash Content	%Wt	5,53
3	Volatile matter	%Wt	33,17
4	Fixed Carbon	%Wt	36,36
5	Gross Calorific Value	Kcal/kg	4961
6	Total Sulphur	%Wt	0,79
7	Carbon	%Wt	48,38
8	Hidrogen	%Wt	3,44
9	Nitrogen	%Wt	0,40
10	Oksigen	%Wt	16,52
11	HGI	Point index	49

Sumber: COA batubara

Pengambilan sampel batubara tersebut diambil pada *sampling pot inlet coal feeder* untuk selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui *ultimate analysis* batubara. Dalam proses penelitian menggunakan metode eksperimental dilakukan pada *setting classifier* dengan variasi pembukaan dari 40%, 45%, 50%, 55%, dan 60 %. Gambaran mengenai bentuk sistem *classifier pulverizer* adalah seperti pada Gambar 4.1. Kondisi mengenai bentuk *classifier pulverizer* tersebut adalah digambarkan pada *setting* pembukaan yaitu 100%.



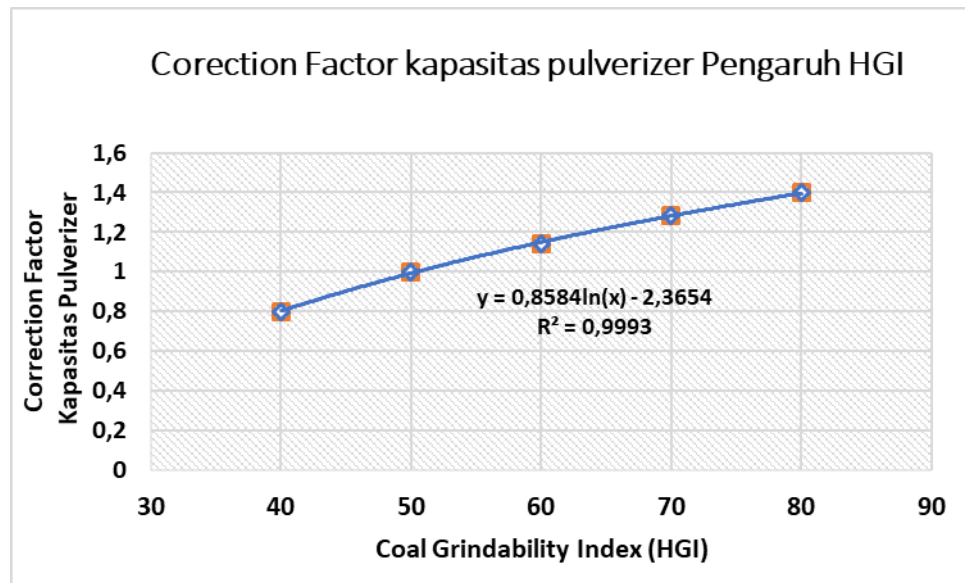
Gambar 4.1 Konstruksi *Classifier Pulverizer* MPS 89N pada Posisi Pembukaan 100%

Dalam proses penelitian menggunakan metode eksperimental dilakukan pada *setting vane classifier* dengan variasi pembukaan dari 40%, 45%, 50%, 55%, dan 60 %. Variasi terhadap *Primary Air to Coal Ratio* juga dilakukan yaitu dengan melakukan pengambilan data pada *Primary Air to Coal Ratio* 1.7 :1; 1.8 : 1 dan 1.9 : 1.

4.2 Kapasitas Pulverizer /Coal Flow

4.2.1 Pengaruh HGI terhadap kapasitas Pulverizer

Kapasitas penggilingan pulverizer (C) dapat diartikan sebagai laju alir massa batubara (ton/jam) yang dapat untuk dihaluskan/digiling oleh pulverizer dengan spesifikasi batubara produk penggilingan yang memenuhi spesifikasi kehalusan tertentu untuk dimasukkan ke dalam boiler. Kapasitas pulverizer (C) MPS 89N berdasarkan HGI yang diketahui dari *manual book* bahwa untuk batubara dengan nilai HGI 54 adalah 59550 kg/jam, sedangkan untuk batubara dengan nilai HGI 61,8 adalah 67495 kg/jam. Dari pengujian kapasitas Pulverizer MPS 89-N dengan bukaan classifier 60% dan Primary Air to Coal Rasio 1,9:1 menggunakan batubara HGI 49 sesuai dengan grafik pada lampiran 9, mempunyai faktor koreksi sebagai berikut:



Gambar 4.2 Regresi Factor Koreksi Kapasitas Pulverizer Fungsi HGI Ukuran 200 Mesh Lolos 70%

Persamaan regresi yang didapat dari Gambar 4.2 adalah:

$$C_f = 0,8584 \ln(HGI) - 2,3654 \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan:

C_f = Faktor koreksi kapasitas pulverizer dengan fineness ukuran 200 mesh lolos 70%

HGI = HGI Batubara

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2 diatas maka apabila pengujian dilakukan pada Pulverizer dengan nilai HGI 49 maka kapasitas maksimum dapat dihitung.

Table 4.2 Perhitungan Prediksi Kapasitas Pulverizer MPS 89N %

HGI (batubara)	Corection factor(C_f)	Kapasitas maksimum (C_{max})
61,8	1,175	67495
54	1,059	59550
49	0,975	?

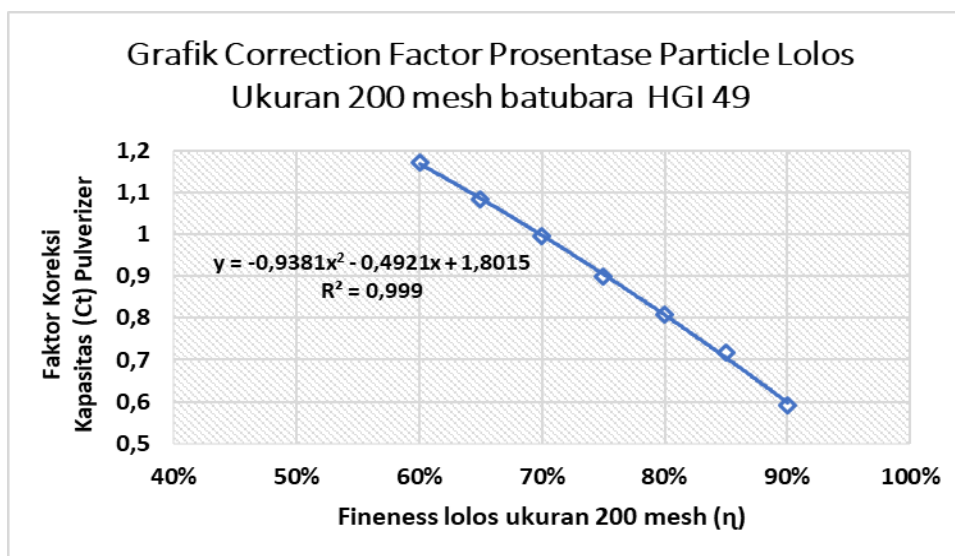
*Base capacity untuk MPS 89 lolos 70% mesh 200 = 56246 kg/jam (sumber: DM13 Pulverizer Desain Manual)

Selanjutnya untuk mengetahui nilai kapasitas pulverizer untuk nilai dengan HGI 49 adalah dilakukan interpolasi menggunakan data-data tersebut

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pulverizer HGI 49} &= \text{Base Capacity MPS 89N} \times \text{factor koreksi (Cf)} \\ &= 56246 \text{ kg/jam} \times 0,975 \\ &= 54858 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diatas maka diperoleh kapasitas (C) pulverizer untuk penggilingan batubara dengan HGI 49 menggunakan pulverizer tipe MPS 89N adalah 54,8 Ton/h.

Kapasitas maksimum pulverizer yang dihubungkan dengan faktor koreksi kapasitas dengan besarnya prosentase lolos *fineness* ukuran 200 mesh untuk HGI 49 diperoleh dari Gambar 2.9 atau sesuai dengan manual book MPS 89N pada lampiran 9. Dengan cara pembacaan grafik tersebut kemudian dilakukan regresi polinomial terhadap data pembacaan grafik tersebut.



Gambar 4.3 Grafik Faktor Koreksi Kapasitas Pulverizer terhadap Prosentase Fineness Lolos untuk Ukuran 200 Mesh

Persamaan regresi polinomial faktor koreksi kapasitas pulverizer yang didapatkan dari Gambar 4.3 adalah sebagai berikut:

$$C_t = -0,938\eta^2 - 0,4921\eta + 1,8015 \dots \dots \dots (4.2)$$

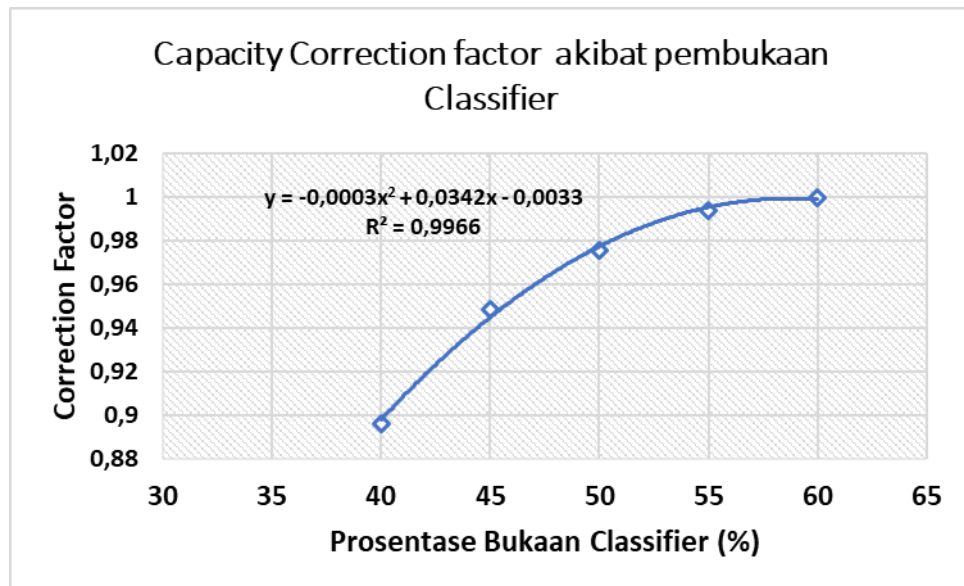
Dengan:

C_t = faktor koreksi kapasitas pulverizer

η = fineness lolos ukuran 200 mesh (%)

4.2.2 Hubungan Prosentase Bukaannya Classifier terhadap Kapasitas Pulverizer

Hubungan antara posisi prosentase bukaan *classifier* saat menggunakan spesifikasi batubara dengan HGI 49 dan kapasitas pulverizer saat diperoleh sesuai data yang diperoleh pada data Lampiran 5. gambar grafik yang diperoleh pada data tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Prosentase Bukaannya Classifier terhadap Kapasitas Pulverizer

Persamaan regresi polinomial yang diperoleh dari Gambar 4.4 diatas adalah:

$$K_{cf} = -0,0003x^2 + 0,0342x - 0,0033 \dots \dots \dots (4.3)$$

Dengan:

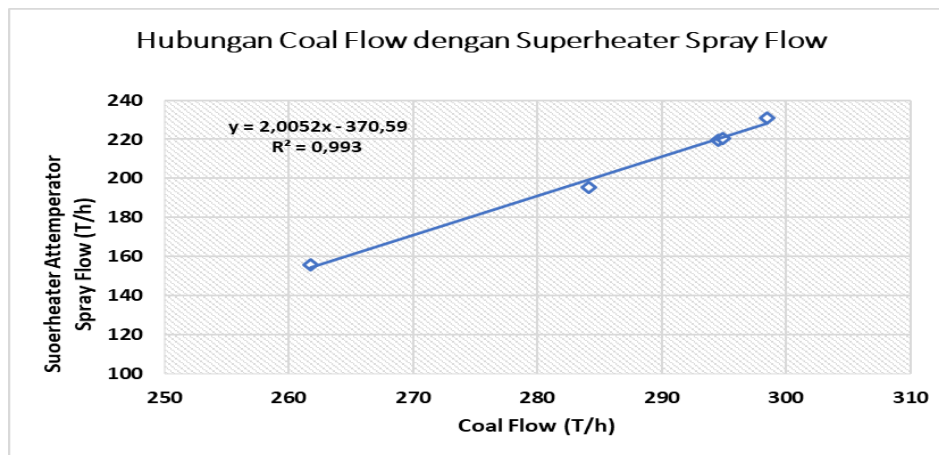
K_{cf} = faktor koreksi kapasitas pulverizer

x = prosentase bukaan *classifier* pulverizer (%)

Dari rumus 4.2 diatas terlihat bahwa faktor koreksi terhadap kapasitas pulverizer yang dipengaruhi oleh besarnya prosentase bukaan classifier pulverizer, hal ini disebabkan karena kualitas ukuran fineness hasil penggilingan batubara di dalam pulverizer.

4.2.3 Hubungan antara Kapasitas Pulverizer (*Coal Flow*) dengan Konsumsi *Spray Flow*

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh *coal flow* terhadap konsumsi *spray flow* baik pada *reheat attemperator spray flow* dan *superheater attemperator attemperator spray flow* adalah menggunakan 6 (enam) unit pulverizer. Data hasil pengujian diambil pada prosentase pembukaan classifier 60% dengan *primary air to coal ratio* 1,9:1 didapat sesuai dengan tabel pada lampiran 6 dan 7. Data hasil pengujian untuk mengetahui hubungan antara kapasitas pulverizer /*coal flow* pada pembangkit saat pembakaran menggunakan batubara dengan nilai kalori batubara dengan spesifikasi sesuai dengan Table 4.1 menghasilkan konsumsi *attemperator spray flow* pada *superheater* dan *reheater* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5 Pengaruh Kapasitas (*coal flow*) Pulverizer dengan *Superheater Attemperator Spray Flow*

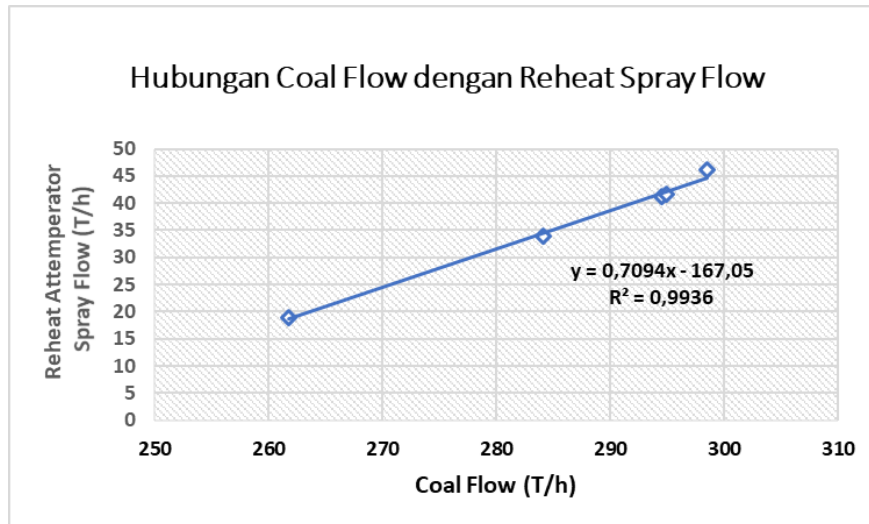
Dari Gambar 4.5 diatas dapat diketahui bahwa konsumsi *superheater attemperator spray flow* dipengaruhi oleh jumlah kapasitas (*coal flow*) batubara, dimana semakin tinggi *coal flow* yang di-feeding ke boiler maka semakin tinggi pula *superheater attemperator spray flow* yang dihasilkan dengan persamaan regresi polimomial sebagai berikut:

$$SH_{sf} = 2,0052 C - 370,59 \dots \dots \dots (4.4)$$

dengan:

SH_{sf} = *superheater spray flow (T/h)*

C = *coal flow (T/h)*



Gambar 4.6 Pengaruh Kapasitas (*coal flow*) Pulverizer dengan *Reheater Attenuator Spray Flow*

Pengaruh hubungan antara kapasitas pulverizer terhadap *reheater attenuator spray flow* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6 diatas, dengan kesimpulan semakin tinggi *coal flow* yang difeeding ke boiler maka semakin tinggi pula *reheater attenuator spray flow* yang dihasilkan dengan rumus regresi polinomial sebagai berikut:

$$RH_{sf} = 0,7094 C - 167,05 \dots \dots \dots (4.5)$$

dengan :

RH_{sf} = *reheat attenuator spray flow (T/h)*

C = *coal flow (T/h)*

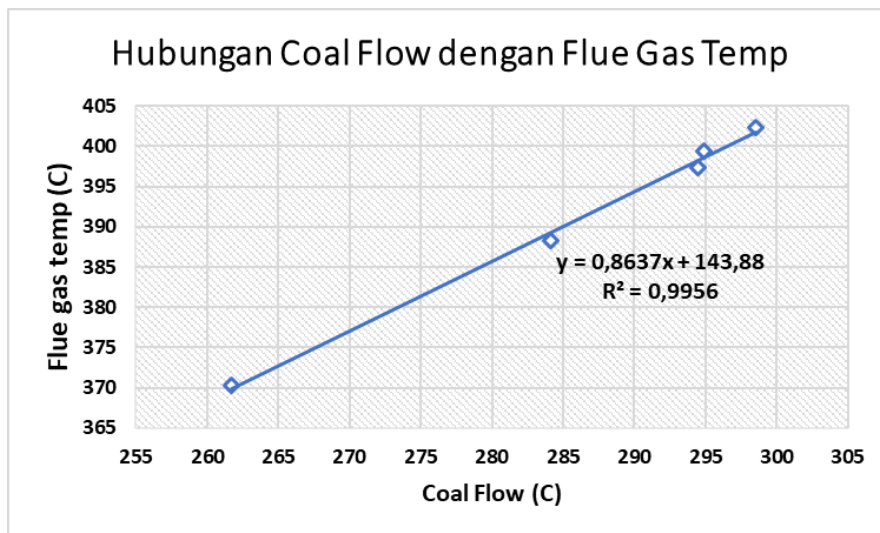
4.2.4 Hubungan antara Kapasitas Pulverizer (*Coal Flow*) dengan *Flue Gas Temperature*

Dalam hubungan antara kapasitas pulverizer (*coal flow*) dengan *flue gas temperature* pada sisi *outlet economizer* adalah sesuai dengan Gambar 4.7 dibawah yang didapatkan pada hasil pengujian menggunakan batubara dengan HGI 49 dengan NK 4961 dengan pembukaan classifier 1,9:1 sesuai tabel pada Lampiran 8, dan dapat dihitung menggunakan rumus regresi polimomial sebagai berikut:

$$FG_{temp} = 0,8637 C + 143,88.....(4.6)$$

dengan :

$$FG_{temp} = \text{Flue Gas Temp (C)}$$



Gambar 4.7 Hubungan antara *Coal Flow* dengan *Flue Gas Temperature*

4.2.5 Hasil Pra Penelitian

Simulasi yang dilakukan untuk verifikasi data hasil pengujian menggunakan *software* Gatecycle 6.1 (Lampiran 10) diperoleh hasil *feedrate* batubara per mill untuk batubara dengan nilai HGI 49 dan nilai kalori 4961 kCal/kg untuk menghasilkan daya 600 MW adalah 268,16 T/h. Apabila menggunakan 5 pulverizer operasi dan 1 pulverizer *stand by*, maka setiap pulverizer akan melayani 53,63 T/h. Kapasitas maksimal untuk setiap pulverizer sesuai dengan perhitungan adalah 54,858 T/h maka operasi unit pembangkit menjadi tidak aman karena beresiko derating akibat kapasitas pulverizer mendekati kapasitas maksimal

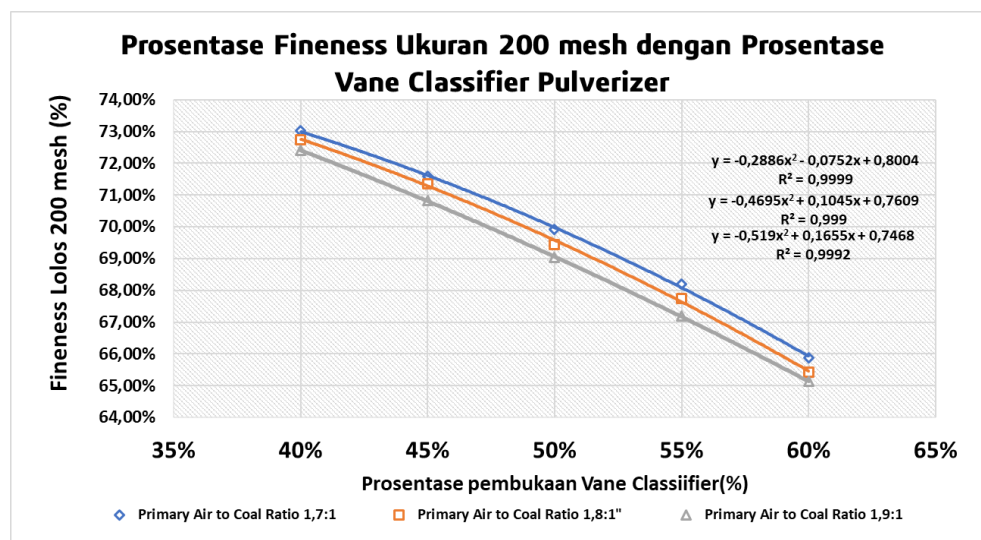
pulverizer yaitu 97,7% dari kapasitas maksimal pulverizer. Untuk menjaga keamanan dari resiko *derating* maka dilakukan pengoperasian 6 pulverizer dengan kapasitas setiap pulverizer menjadi 44,69 T/h atau 81,4% dari kapasitas maksimal pulverizer.

Hasil pra pengujian (Tabel 1.2) yang dilakukan pada pulverizer MPS 89N mengindikasikan bahwa pada posisi pembukaan *classifier* 60% diperoleh hasil *fineness* yang tidak memenuhi standart PLTU, dengan prosentase lolos 200 mesh kurang dari 70%, dan prosentase tidak lolos 50 mesh melebihi batasan maksimum 0,5%.

4.3 Hasil Pengujian Variasi Pembukaan *Classifier* Pulverizer

4.3.1 Pengujian Variasi Pembukaan *Classifier* dan Variasi *Primary Air to Coal Ratio* terhadap Kapasitas Pulverizer

Hasil yang dilakukan pada pengujian variasi *classifier* terhadap produk *fineness* berukuran 200 mesh dengan variasi *primary air coal ratio* didapatkan sesuai dengan tabel pada Lampiran 5. Berdasarkan data tabel tersebut apabila dibuatkan grafik trending secara polynomial adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Fineness Ukuran 200 Mesh dengan Variasi Pembukaan *Classifier* Pulverizer

Dari Gambar 4.8 diatas dapat diketahui bahwa hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,7:1 adalah:

$$\eta_{200;1,7:1} = -0,519x^2 + 0,1655x + 0,7468 \dots \dots \dots (4.7)$$

Untuk Pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,8:1 adalah:

$$\eta_{200;1,8:1} = -0,4695x^2 + 0,1045x + 0,7609 \dots \dots \dots (4.8)$$

Dan untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,9:1 adalah:

$$\eta_{200;1,9:1} = -0,2886x^2 + 0,0752x + 0,8004 \dots \dots \dots (4.9)$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan 4.1, 4.2 dan 4.3 maka untuk kapasitas maksimum pulverizer pada pulverizer MPS 89N dengan ukuran *fineness* ukuran 200 mesh lolos 70 % dengan *base capacity* 56.246 kg/jam adalah:

Table 4.3 Kapasitas Maksimum Pulverizer pada HGI 49 dibanding *Coal Flow* Aktual

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane (%)	HGI	Prosentase Lolos (%)	Correction Factor HGI	Correction Factor untuk Prosentase lolos fineness	Correction Factor pembukaan sudut Classifier	Base kapasitas pulverizer HGI 49 Lolos 70% (T/h)	Kapasitas maksimum Pulverizer HGI 49 (T/h)	Coal Flow Max (T/h)	Coal Flow Aktual (T/h)	Actual Load (MW)
1,7:1	40	49	73,03%	0,975	0,942	0,885	54,858	44,584	267,502	261,735	584,102
1,7:1	45	49	71,58%	0,975	0,969	0,928	54,858	48,101	288,606	284,120	600,391
1,7:1	50	49	69,92%	0,975	0,999	0,957	54,858	51,130	306,781	288,510	600,447
1,7:1	55	49	68,21%	0,975	1,029	0,970	54,858	53,439	320,633	294,915	600,550
1,7:1	60	49	65,88%	0,975	1,070	1,000	54,858	57,262	343,570	298,500	601,161
1,8:1	40	49	72,75%	0,975	0,947	0,885	54,858	44,830	268,981	264,345	590,192
1,8:1	45	49	71,36%	0,975	0,973	0,928	54,858	48,301	289,808	288,730	600,055
1,8:1	50	49	69,45%	0,975	1,007	0,957	54,858	51,560	309,361	292,120	600,256
1,8:1	55	49	67,74%	0,975	1,038	0,970	54,858	53,867	323,201	297,525	600,513
1,8:1	60	49	65,43%	0,975	1,078	1,000	54,858	57,671	346,024	301,110	601,750
1,9:1	40	49	72,41%	0,975	0,953	0,885	54,858	45,129	270,771	265,432	592,103
1,9:1	45	49	70,83%	0,975	0,982	0,928	54,858	48,788	292,728	290,817	600,302
1,9:1	50	49	69,03%	0,975	1,015	0,957	54,858	51,948	311,689	294,207	600,980
1,9:1	55	49	67,20%	0,975	1,047	0,970	54,858	54,363	326,176	298,612	601,787
1,9:1	60	49	65,13%	0,975	1,083	1,000	54,858	57,952	347,714	302,197	601,914

Sumber: hasil perhitungan dan *DCS data download*

Dari tabel 4.3 diatas dapat diketahui bahwa:

- a. Pada prosentase pembukaan *classifier* yang tetap, semakin besar *primary air to coal ratio*, maka semakin kecil prosentase ukuran partikel ukuran 200 mesh yang lolos dikarenakan dengan penambahan udara primer akan menambah kecepatan aliran udara pada *classifier* dan mengurangi *retention time* batubara pada *grinding zone*, namun semakin besar kapasitas maksimum pulverizer saat digunakan untuk menggerus batubara dengan HGI 49.
- ii. Pada *primary air to coal ratio* yang tetap, semakin tinggi prosentase pembukaan *classifier* pulverizer, maka semakin rendah prosentase ukuran partikel yang lolos ukuran 200 mesh, namun semakin besar kapasitas maksimum pulverizer saat menggerus batubara dengan HGI 49.

4.3.2 Pengaruh Prosentase Pembukaan *Classifier Vane* terhadap *Superheater Attenuator Spray Flow*

Pengaruh variasi pembukaan *classifier vane pulverizer* dan variasi *primary air to coal ratio* terhadap konsumsi *superheater attenuator spray flow* dapat dihitung menggunakan persamaan 4.4 diatas. Hasil yang diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan tersebut adalah sesuai dengan tabel perhitungan dibawah. Adapun sebagai pembandingan adalah data aktual yang diperoleh dari *download* data DCS control room yang kemudian dilakukan perhitungan gap perhitungan dengan data aktual untuk memverifikasi perhitungan tersebut. Tabel hasil perhitungan dan pengujian serta *gaps* perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

Table 4.4 Perhitungan Konsumsi *Superheater Attemperator Spray Flow* berdasarkan *Coal Flow*

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaa n Classifier Vane (%)	Coal Flow Aktual (T/h)	Superheater Spray Flow (T/h) persamaan 4.4	Superheater Flow Actual (T/h)	Gap Perhitunga n dengan aktual (%)
1,7:1	40	261,735	154,241	154,383	0,09%
1,7:1	45	284,120	194,127	194,215	0,04%
1,7:1	50	288,510	213,930	213,818	-0,05%
1,7:1	55	294,915	227,774	227,096	-0,30%
1,7:1	60	298,500	231,962	232,926	0,42%
1,8:1	40	264,345	159,475	159,501	0,02%
1,8:1	45	288,730	201,371	201,390	0,01%
1,8:1	50	292,120	219,169	219,296	0,06%
1,8:1	55	297,525	232,007	234,248	0,97%
1,8:1	60	301,110	237,196	237,425	0,10%
1,9:1	40	265,432	161,655	161,849	0,12%
1,9:1	45	290,817	202,557	203,641	0,54%
1,9:1	50	294,207	222,354	223,632	0,57%
1,9:1	55	298,612	234,187	236,503	0,99%
1,9:1	60	302,197	235,376	240,374	2,12%

Sumber: hasil perhitungan dan *DCS data download*

Berdasarkan tabel 4.4 diatas apabila hasil perhitungan konsumsi *superheater attemperator spray flow* sesuai dengan rumus perhitungan 4.4 yang disandingkan dengan data *superheater attemperator spray flow* aktul maka mempunyai *gaps* hasil perhitungan dibawah 1%, sehingga dapat disimpulkan bahwa persamaan 4.4 tersebut dapat digunakan untuk menghitung prediksi konsumsi *superheater spray flow* pada boiler dengan kapasitas 600 MW. Untuk mengetahui pengaruh pengaturan pembukaaan *classifier vane pulverizer* terhadap konsumsi *superheater attemperator spray* dapat dibuatkan grafik hasil regresi sebagai berikut:

Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,7:1 adalah:

$$SH_{sf} = 0,2124x^2 + 25,035x - 505,76.....(5.0)$$

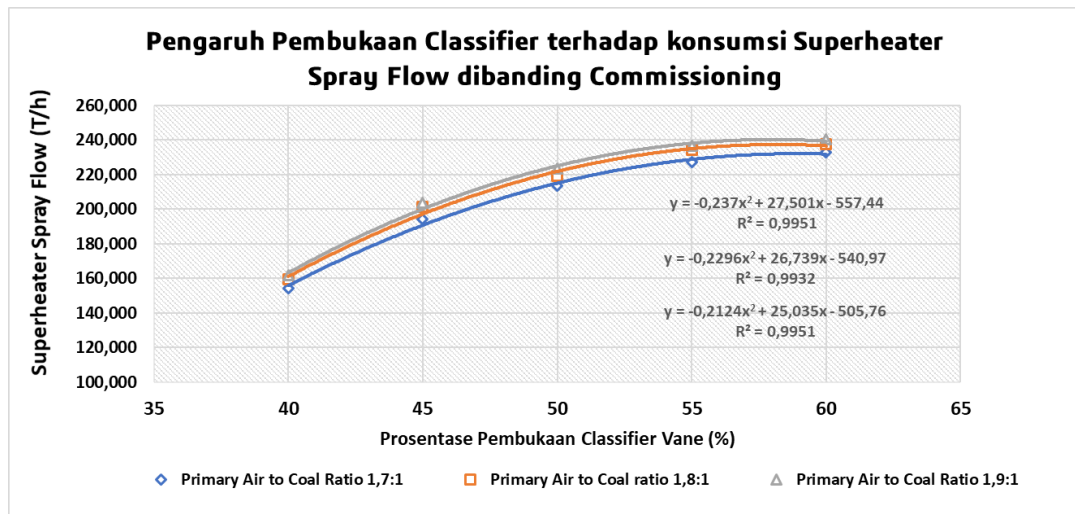
Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,8:1 adalah:

$$SH_{sf} = 0,2296x^2 + 26,739x - 540,97 \dots \dots \dots (5.1)$$

Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,9:1 adalah:

$$SH_{sf} = 0,237x^2 + 27,501x - 557,44 \dots \dots \dots (5.2)$$

Dengan grafik regresi polinomial sebagai berikut:



Gambar 4.9 Pengaruh Pembukaan Sudut *Classifier* terhadap Konsumsi *Superheater Attemperor Spray Flow*

Dari grafik dan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa:

- i. Prosentase pembukaan *classifier vane pulverizer* yang tetap, semakin tinggi *primary air to coal ratio*, maka semakin tinggi juga konsumsi *superheater attemperator spary flow*, hal tersebut dikarenakan semakin besar *coal flow* / kapasitas *pulverizer* akibat fineness yang lolos 200 mesh semakin rendah
- ii. Untuk *primary air to caol ratio* yang tetap, maka semakin tinggi prosentase pembukaan *classifier vane* maka semakin tinggi juga konsumsi *superheater attemperator spray flow* dikarenakan fineness yang lolos 200 mesh juga semakin rendah.

4.3.3 Pengaruh Prosentase Pembukaan Vane Classifier terhadap Konsumsi *Reheater Attemperator Spray Flow*

Pengaruh prosentase pembukaan *classifier vane pulverizer* dan variasi *primary air to coal ratio* terhadap *reheater attemperator spray flow* dapat dihitung menggunakan persamaan 4.5 diatas. Hasil yang diperoleh menggunakan persamaan tersebut adalah sesuai dengan tabel perhitungan sebagai berikut:

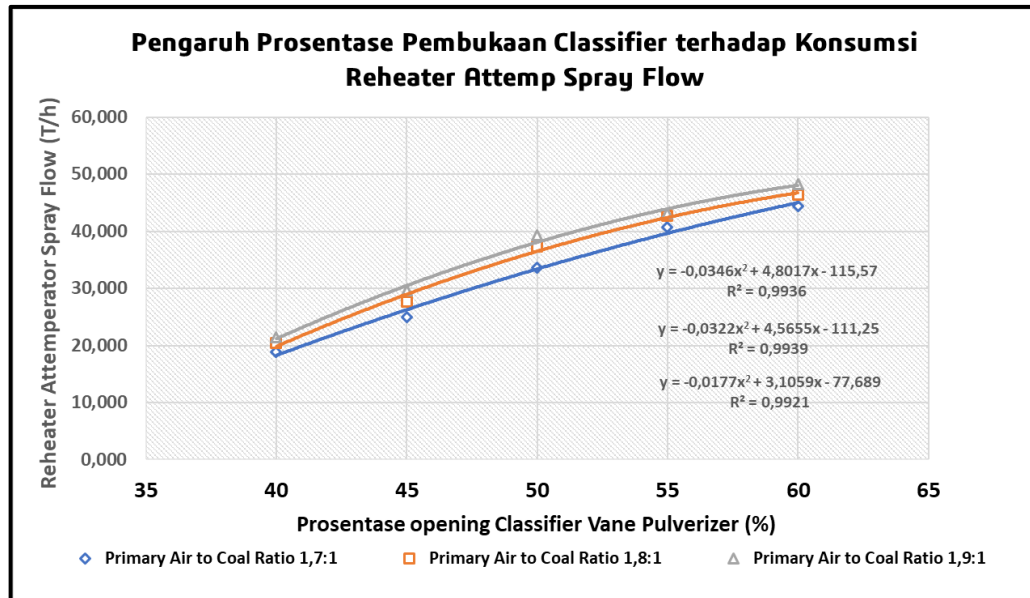
Table 4.5 Perhitungan Konsumsi *Reheater Attemperator Spray Flow* berdasarkan *Coal Flow*

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane (%)	Coal Flow Aktual (T/h)	Reheater Attemperator Spray Flow (T/h) persamaan 4.5	Reheater Attemperator Spray Flow Actual (T/h)	Gap Perhitungan dengan aktual (%)
1,7:1	40	261,735	18,625	18,888	1,41%
1,7:1	45	284,120	24,505	24,929	1,73%
1,7:1	50	288,510	34,619	33,663	-1,76%
1,7:1	55	294,915	40,163	40,652	1,22%
1,7:1	60	298,500	44,706	44,472	-0,52%
1,8:1	40	264,345	20,476	20,366	-0,54%
1,8:1	45	288,730	27,775	27,638	-0,49%
1,8:1	50	292,120	37,180	37,290	0,30%
1,8:1	55	297,525	42,014	42,695	1,62%
1,8:1	60	301,110	46,557	46,454	-0,22%
1,9:1	40	265,432	21,248	21,390	0,67%
1,9:1	45	290,817	29,256	29,667	1,40%
1,9:1	50	294,207	41,661	39,315	0,87%
1,9:1	55	298,612	44,786	43,120	-1,72%
1,9:1	60	302,197	47,329	48,269	1,99%

Sumber: hasil perhitungan dan *DCS data download*

Berdasarkan Table 4.5 diatas, selisih antara *reheater attemperator spray flow* perhitungan dan aktual adalah dibawah 2%, sehingga persamaan 4.5 masih sesuai untuk menghitung konsumsi *reheater attemperator spray flow* untuk boiler yang berkapasitas 600 MW. Untuk mendapatkan pengaruh pengaturan prosentase pembukaan prosentase *classifier pulverizer* terhadap konsumsi *reheater*

attemperator spray flow berdasarkan regresi polynomial Tabel 4.5, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.10 Pengaruh Prosentase Pembukaan Classifier terhadap Konsumsi *Reheater Attamp Spray Flow*

Pengaruh prosentase pembukaan *classifier vane pulverizer* dan variasi *primary air to coal ratio* terhadap konsumsi *reheater attemperator spray flow* dapat menggunakan gambar 4.10, yaitu sebagai berikut:

Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,7:1 adalah:

$$RH_{sf} = 0,0177x^2 + 3,1059x - 77,689 \dots \dots \dots (5.0)$$

Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,8:1 adalah:

$$RH_{sf} = 0,0322x^2 + 4,5655x - 111,25 \dots \dots \dots (5.1)$$

Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,9:1 adalah:

$$RH_{sf} = 0,0346x^2 + 4,80172x - 115,57 \dots \dots \dots (5.2)$$

4.3.4 Pengaruh Prosentase Pembukaan *Vane Classifier* terhadap *Flue Gas Temperature*

Pengaruh prosentase pembukaan *classifier vane pulverizer* dan variasi *primary air to coal ratio* terhadap *flue gas temperature* dapat dihitung menggunakan persamaan 4.6 diatas. Hasil yang diperoleh menggunakan persamaan tersebut adalah sesuai dengan tabel perhitungan sebagai berikut:

Table 4.6 Perhitungan *Flue Gas Temperature* berdasarkan *Coal Flow*

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane (%)	Coal Flow Aktual (T/h)	Flue Gas temperature persamaan 4.6	Flue Gas temperature Actual (T/h)	Gap Perhitungan dengan aktual (%)
1,7:1	40	265,432	373,134	374,895	0,47%
1,7:1	45	290,817	390,059	389,846	-0,05%
1,7:1	50	294,207	397,987	399,512	0,38%
1,7:1	55	298,612	401,791	401,759	-0,01%
1,7:1	60	302,197	404,888	405,743	0,21%
1,8:1	40	264,345	372,195	372,732	0,14%
1,8:1	45	288,730	388,256	387,165	-0,28%
1,8:1	50	292,120	396,184	396,371	0,05%
1,8:1	55	297,525	400,852	402,468	0,40%
1,8:1	60	301,110	403,949	404,866	0,23%
1,9:1	40	261,735	369,941	369,335	-0,16%
1,9:1	45	284,120	384,274	384,335	0,02%
1,9:1	50	288,510	393,066	393,343	0,07%
1,9:1	55	294,915	398,598	398,410	-0,05%
1,9:1	60	298,500	401,694	402,359	0,17%

Sumber: hasil perhitungan dan *DCS data download*

Berdasarkan Table 4.6 diatas, selisih antara *flue gas temperature* menggunakan pada persamaan 4.6 dan aktual pembacaan dari *logger DCS* adalah dibawah 1%, sehingga persamaan 4.6 sesuai untuk menghitung *flue gas temperature exit economizer* untuk boiler yang berkapasitas 600 MW. Untuk mendapatkan pengaruh pengaturan prosentase pembukaan prosentase *classifier pulverizer* terhadap *flue gas temperature* berdasarkan *regresi polynomial* Tabel 4.6, adalah sebagai berikut:

Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,7:1 adalah:

$$FGT_{1,7:1} = -0,0896x^2 + 10,47x + 99,67 \dots \dots \dots (5.0)$$

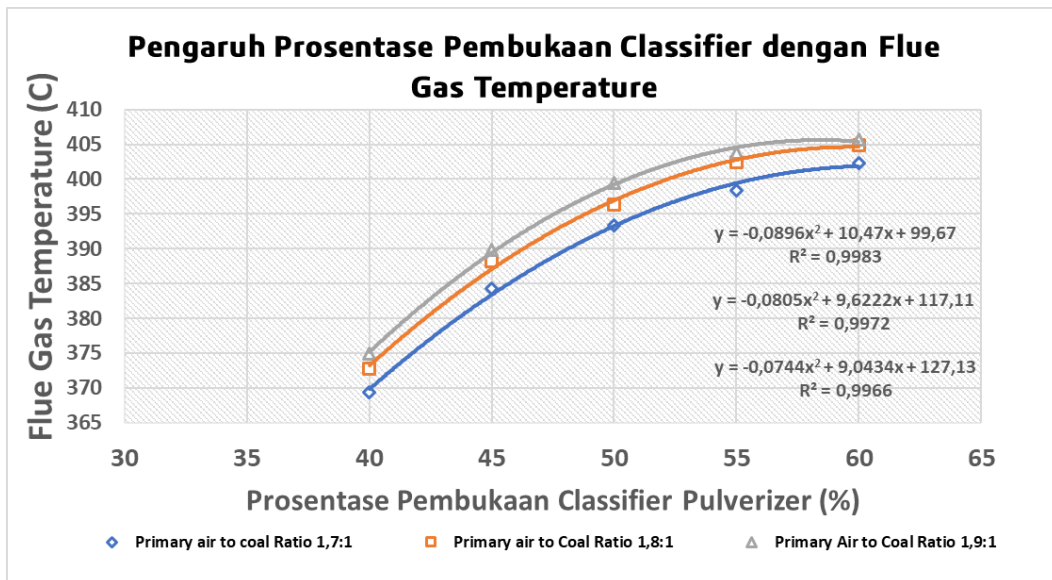
Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,8:1 adalah:

$$FGT_{1,8:1} = -0,0805x^2 + 9,6222x + 177,11 \dots \dots \dots (5.1)$$

Untuk pengaturan menggunakan *primary air to coal ratio* 1,9:1 adalah:

$$FGT_{1,9:1} = -0,0744x^2 + 9,0434x + 127,13 \dots \dots \dots (5.2)$$

Untuk gambar grafik polinomial terkait hubungan antara pengeruh prosentase pembukaan *classifier vane* dengan *flue gas temperature* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11 Pengaruh Prosentase Pembukaan Classifier dengan *Flue Gas Temperature*

4.4 Analisa dan Diskusi

Analisa pemilihan setting prosentase pembukaan classifier pulverizer terhadap konsumsi *superheater attemperator spray flow*, konsumsi *reheater attemperator spray flow* dan *flue gas temperature* yang dihasilkan selama proses pembakaran di boiler dengan batubara nilai kalor 4961 kCal/kg dan HGI 49 adalah dengan cara menyandingkan parameter tersebut dengan parameter saat *commissioning test*. Data *comissioning test* pembangkit yang digunakan sebagai

acuan proses pembakaran di dalam boiler menggunakan batubara dengan nilai kalor 5387 kCal/kg dengan HGI 60. Kriteria pemilihan setting prosentase pembukaan *classifier pulverizer vane* adalah:

- Beban tetap *full load* (600 MW)/tidak terjadi *derating*
- Sebagai data pembanding terkait dengan parameter yang diuji disandingkan dengan data *commissioning test*.
- Parameter konsumsi *superheater* dan *reheater attemperator spray* yang paling rendah serta *flue gas temperature* paling rendah.

Hasil yang didapatkan saat pengujian pembukaan *classifier* dengan variasi *primary air to coal ratio* terhadap perubahan *superheater attemperator spray flow* adalah sebagai berikut:

Table 4.7 Data Hasil Pengujian terhadap Perubahan *Superheater Attemperator Spray Flow*

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi bukaan Classifier Vane (%)	Actual Load (MW)	Coal Flow Aktual (T/h)	Super heater Spray Flow Actual (T/h)	Comm	Keterangan
1,7:1	40	584,102	261,735	154,383	202,235	Derating
1,7:1	45	600,391	284,120	194,215	202,235	Full Load
1,7:1	50	600,447	288,510	213,818	202,235	Full Load
1,7:1	55	600,550	294,915	227,096	202,235	Full Load
1,7:1	60	601,161	298,500	232,926	202,235	Full Load
1,8:1	40	590,192	264,345	159,501	202,235	Derating
1,8:1	45	600,055	288,730	201,390	202,235	Full Load
1,8:1	50	600,256	292,120	219,296	202,235	Full Load
1,8:1	55	600,513	297,525	234,248	202,235	Full Load
1,8:1	60	601,750	301,110	237,425	202,235	Full Load
1,9:1	40	592,103	265,432	161,849	202,235	Derating
1,9:1	45	600,302	290,817	203,641	202,235	Full Load
1,9:1	50	600,980	294,207	223,632	202,235	Full Load
1,9:1	55	601,787	298,612	236,503	202,235	Full Load
1,9:1	60	601,914	302,197	240,374	202,235	Full Load

Sumber: Data download DCS

Data yang didapatkan pada pengujian pembukaan *classifier* dengan variasi *primary air to coal ratio* terhadap perubahan *reheater attemperator spray flow* adalah sebagai berikut:

Table 4.8 Data Hasil Pengujian terhadap Perubahan *Reheater Attemperator Spray Flow*

Primary Air Fuel Ratio	Posisi bukaan Classifier Vane (%)	Coal Flow Aktual (T/h)	Actual Load (MW)	Reheater Spray Flow Actual (T/h)	Comm	Keterangan
1,7:1	40	261,735	584,102	18,888	10,757	Derating
1,7:1	45	284,120	600,391	24,929	10,757	Full Load
1,7:1	50	288,510	600,447	33,663	10,757	Full Load
1,7:1	55	294,915	600,550	40,652	10,757	Full Load
1,7:1	60	298,500	601,161	44,472	10,757	Full Load
1,8:1	40	264,345	590,192	20,366	10,757	Derating
1,8:1	45	288,730	600,055	27,638	10,757	Full Load
1,8:1	50	292,120	600,256	37,290	10,757	Full Load
1,8:1	55	297,525	600,513	42,695	10,757	Full Load
1,8:1	60	301,110	601,750	46,454	10,757	Full Load
1,9:1	40	265,432	592,103	21,390	10,757	Derating
1,9:1	45	290,817	600,302	29,667	10,757	Full Load
1,9:1	50	294,207	600,980	39,315	10,757	Full Load
1,9:1	55	298,612	601,787	43,120	10,757	Full Load
1,9:1	60	302,197	601,914	48,269	10,757	Full Load

Sumber: Data download DCS

Data yang didapatkan pada pengujian pembukaan *classifier* dengan variasi *primary air to coal ratio* terhadap perubahan *flue gas temperature* adalah sebagai berikut:

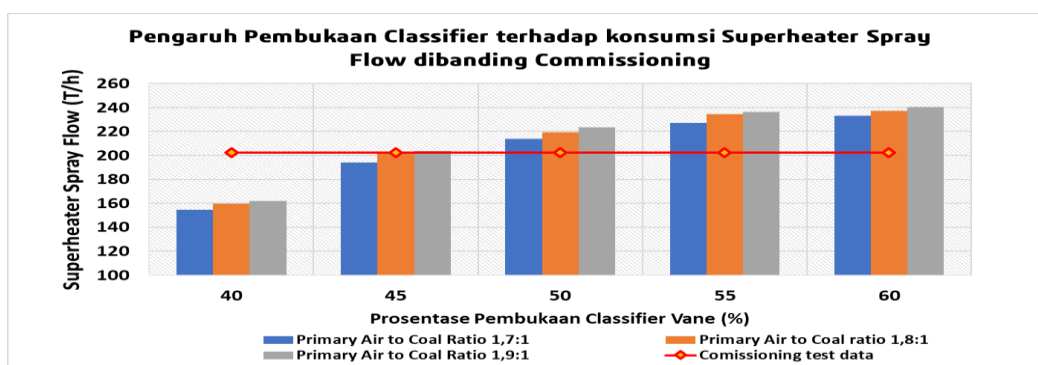
Table 4.9 Data Hasil Pengujian terhadap Perubahan *Flue Gas Temperature*

Primary Air Fuel Ratio	Posisi bukaan Classifier Vane (%)	Coal Flow Aktual (T/h)	Actual Load (MW)	Flue Gas temperature Actual (T/h)	Comm	Keterangan
1,7:1	40	261,735	584,102	369,335	381,8	Derating
1,7:1	45	284,120	600,391	384,335	381,8	Full Load
1,7:1	50	288,510	600,447	393,343	381,8	Full Load
1,7:1	55	294,915	600,550	398,410	381,8	Full Load
1,7:1	60	298,500	601,161	402,359	381,8	Full Load
1,8:1	40	264,345	590,192	372,732	381,8	Derating
1,8:1	45	288,730	600,055	387,165	381,8	Full Load
1,8:1	50	292,120	600,256	396,371	381,8	Full Load
1,8:1	55	297,525	600,513	402,468	381,8	Full Load
1,8:1	60	301,110	601,750	404,866	381,8	Full Load
1,9:1	40	265,432	592,103	374,895	381,8	Derating
1,9:1	45	290,817	600,302	389,846	381,8	Full Load
1,9:1	50	294,207	600,980	399,512	381,8	Full Load
1,9:1	55	298,612	601,787	401,759	381,8	Full Load
1,9:1	60	302,197	601,914	405,743	381,8	Full Load

Sumber: Data download DCS

4.4.1 Konsumsi *Superheater Attenuator Spray*

Hasil pengujian pengaruh prosentase pembukaan *classifier pulverizer vane* terhadap konsumsi *superheater attenuator spray flow* yang dilaksanakan pada boiler dengan kapasitas 600 MW didapatkan seperti Table 4.7. Apabila Table 4.7 diatas dibuatkan grafik maka dihasilkan seperti gambar berikut:

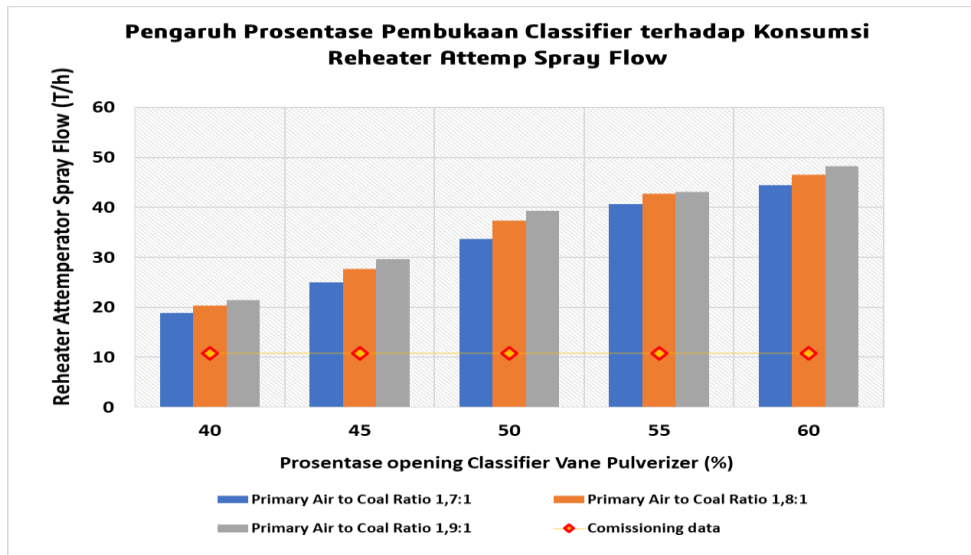


Gambar 4.12 Pengaruh Pembukaan Classifier terhadap Konsumsi *Superheater Spray Flow* dibanding Commissioning Data

Dari Gambar 4.12 bahwa hasil *commissioning* pembangkit digunakan sebagai referensi dan acuan untuk memutuskan setting pembukaan *classifier pulverizer vane* yang tepat saat dilakukan *coal switching* dari batubara dengan nilai kalori (HHV) 5387 kCal/kg dengan HGI 58,71 menjadi 4961kCal/kg dengan HGI 49. Konsumsi *superheater attemperator spray flow* saat *commissioning* adalah sebesar 202,235 T/h. Dari Gambar 4.12 terlihat bahwa konsumsi *superheater attemperator spray flow* untuk setting pembukaan *classifier pulverizer vane* 40% dan 45% berada dibawah garis referensi baik pada setting *primary air to coal ratio* 1,7:1; 1,8 dan 1,9:1. Kondisi saat dilakukan eksperimental didapatkan bahwa hasil pengaturan pembukaan classifier dengan 40% pada semua setting *primary air to coal ratio* mengalami *derating* (beban dibawah 600 MW) yang disebabkan oleh kurangnya supply batubara di dalam boiler sehingga setting pembukaan 40% tidak direkomendasikan. Untuk setting pembukaan classifier pulverizer pada pembukaan 45% dari hasil eksperimental tidak terjadi derating. Perbandingan *primary air to coal ratio* 1,9:1 ke 1,8 :1 mempengaruhi penurunan jumlah konsumsi *superheater spray flow* sebesar 0,6%, sedangkan penurunan *primary air to coal ratio* dari 1,8:1 ke 1,7:1 mempengaruhi penurunan konsumsi *superheater attemperator spray flow* sebesar 3,6% untuk posisi setting pembukaan *classifier* 45% yang disebabkan karena penurunan konsumsi *coal flow* seperti terlihat pada Table 4.7. Dari Gambar 4.12 diketahui juga bahwa semakin besar pembukaan *classifier* perbandingan *air to coal ratio* mempengaruhi jumlah *coal flow* batubara yang masuk ke dalam boiler akibat penambahan butiran fineness kurang dari 200 mesh. Kondisi tersebut menyebabkan *residence time* pembakaran yang berakibat terhadap temperatur *superheater* yang tinggi sehingga membutuhkan konsumsi *spray* yang semakin besar untuk menjaga temperatur *superheater outlet steam* terjaga pada temperature 540 °C. Untuk selanjutnya maka didapatkan setting yang tepat untuk boiler 600 MW yaitu pengaturan prosentase pembukaan classifier pada pembukaan 45% dengan *primary air to coal ratio* 1,7:1 karena konsumsi *superheater spray* yang dibutuhkan paling minimum dengan produksi beban yang tidak terjadi *derating*.

4.4.2 Konsumsi Reheater Attenuator Spray Flow

Hasil pengujian pengaruh prosentase pembukaan *classifier pulverizer vane* terhadap konsumsi *reheater attenuator spray flow* yang dilakukan pada boiler dengan kapasitas 600 MW didapatkan seperti Table 4.8. Apabila Table 4.8 diatas dibuatkan grafik maka dihasilkan seperti gambar berikut:



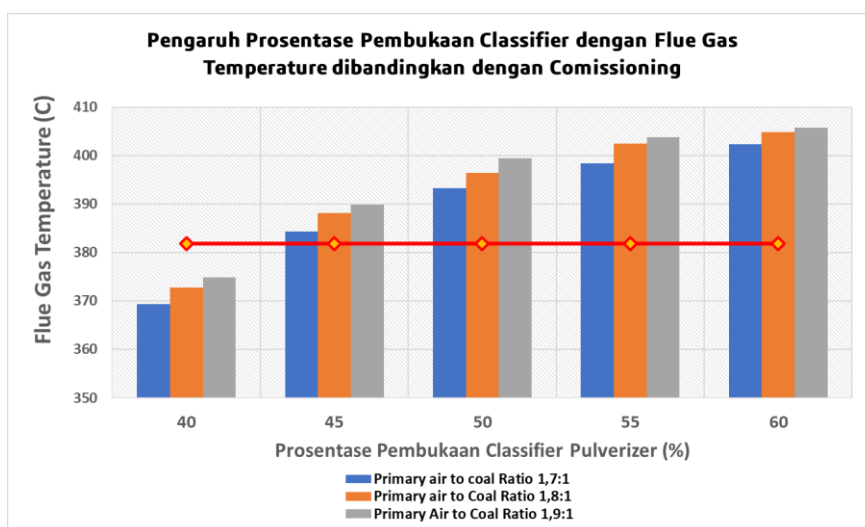
Gambar 4.13 Pengaruh Prosentase Pembukaan Classifier terhadap Konsumsi Reheater Attenuator Spray Flow

Dari Gambar 4.13 bahwa referensi yang digunakan sebagai pembanding untuk mengetahui pengaruh prosentase pembukaan *classifier vane pulverizer* menggunakan nilai konsumsi *reheater attenuator spray flow* saat *comissioning* yaitu dengan nilai 10,757 Ton/jam. Dari hasil pengujian diketahui bahwa prosentase pembukaakaan *classifier vane* dengan prosentase pembukaan 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% menghasilkan konsumsi *reheater attenuator spray flow* yang tidak memenuhi atau diatas nilai konsumsi *reheater attenuator spray flow* referensi *comissioning*. Kondisi saat pembukaan *classifier pulverizer* pada 40% menghasilkan kondisi beban *derating* (kurang dari 600 MW). Kondisi *derating* tersebut menjadi pertimbangan bahwa setting tersebut tidak direkomendasikan. Selanjutnya untuk pengaturan prosentase pembukaan *classifier* dengan 45%, baik pada *primary air to coal ratio* 1,7:1,1,8:1 dan 1,9:1 semuanya menghasilkan nilai konsumsi *reheater attenuator spray flow* diatas nilai *comissioning test*, namun

konsumsi *reheater attemperator spray* yang paling kecil adalah saat menggunakan *setting classifier vane* 45% dengan pengaturan *primary air to coal ratio* 1.7:1. Konsumsi *reheater attempertor spray flow* saat menggunakan setting tersebut adalah 24,929 T/h. Dari Gambar 4.13 terlihat bahwa temperatur *flue gas* yang melewati *reheater tube* masih sangat tinggi sehingga masih memerlukan konsumsi spray yang tinggi untuk menjaga temperatur *hot reheat* terjaga pada temperatur 540 °C. Tingginya konsumsi *reheater attemperator spray flow* kemungkinan terjadi akibat semakin panjang residence time batubara yang disebabkan oleh butiran fineness yang kurang dari 200 mesh (lebih besar dari 75µm) sehingga menambah tinggi temperatur pada area *superheater* dan *reheater*. Disisi lain bahwa selama pengujian / penelitian berlangsung, kondisi *sootblower* boiler yang tidak diaktifkan berdampak pada pengurangan heat transfer pada area *superheater*, sehingga menambah tinggi konsumsi *reheater attemperator spray flow*.

4.4.3 Flue Gas Temperature

Hasil Pengujian pengaruh pembukaan prosentase *classifier vane* pulverizer yang dikombinasikan dengan variasi *primary air to coal ratio* 1.7;1,1.8,1 dan 1.9:1 adalah sesuai dengan Table 4.9 yang apabila dibuatkan grafik akan didapatkan sebagai berikut:



Gambar 4.14 Pengaruh Prosentase Pembukaan *Classifier Vane* terhadap *Flue Gas Temperature*

Data referensi pembandingan yang digunakan pada Gambar 4.14 untuk mengetahui pengaruh prosentase pembukaan *classifier vane* terhadap perubahan *flue gas temperature* pada *exit economizer* adalah data *commissioning* dengan nilai yaitu: 381,83 °C. Pada Gambar 4.14 diketahui bahwa pembukaaan *classifier vane* dengan prosentase pembukaan 40% baik *setting primary air to coal ratio* 1.7:1, 1,8:1 ataupun 1,9 :1 berada dibawah nilai *flue gas temperature* saat *commissioning*. Namun beban yang dihasilkan dari kondisi tersebut menjadi *derating* (kurang dari 600 MW) sehingga dipertimbangkan untuk tidak digunakan karena kerugian akibat *derating* unit jauh lebih besar. Saat *setting* pembukaan *classifier vane* dinaikan menjadi 45% dengan perbandingan *primary air to coal ratio* 1,7:1 maka hasil *flue gas temperature* sudah diatas *temperature flue gas commissioning* atau bernilai 384,335 °C atau 2,502 °C diatas garis referensi data *commissioning*. Saat *setting* perbandingan *primary air to ratio* dinaikkan menjadi 1,8:1 maka *flue gas temperature* naik menjadi 387,165°C. Saat *setting primary air to coal ratio* dirubah menjadi 1,9:1 maka *flue gas temperature* semakin naik menjadi 389,846 °C. Dari gambar 4.14 juga terlihat bahwa semakin dinaikkan kembali pembukaan *classifier vane pulverizernya* semakin tinggi *temperature flue gas* yang dihasilkan dari *flue gas temperature commissioning* dan semakin tinggi perbandingan *primary air to coal rationya* semakin tinggi *temperature flue gas* yang dihasilkan oleh pembakaran boiler kapasitas 600 MW. Penyebab kenaikan *flue gas temperature* tersebut adalah karena semakin besar prosentase pembukaan *classifier* dan *primary air to coal ratio* maka akan menambah besar fineness yang berukuran kurang dari 200 mesh (lebih besar dari 75µm) sehingga berpengaruh terhadap *residence time*. Disisi lain bahwa selama proses pengujian dan penelitian ini proses *sootblowing* tidak dilaksanakan, maka heat transfer pada superheater dan reheater menjadi berkurang akibat adanya *slaging* yang menempel pada *superhater* dan *reheater tube* sehingga menambah nilai *flue gas temperature*

4.4.4 Pengaruh Penelitian terhadap Nett Plant Heat Rate Pambangkit

Berdasarkan buku EPRI CS-4554 tentang *Heat Rate Improvement Guidelines for Existing Fossil Plants* bahwa setelah mengetahui dampak terhadap perubahan pengaturan prosentase pembukaan *classifier vane pulverizer* yang

divariasikan dengan pengaturan *primary air to coal ratio*, maka dapat dihitung dampak perubahan parameter terhadap *heat rate* dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Kenaikan *heat rate* akibat kenaikan *superheater attemperator spray flow* adalah sebesar 1,18 kCal/kWh setiap kenaikan konsumsi *superheater attemperator spray flow* sebesar 10 ton/jam.
2. Kenaikan *heat rate* akibat kenaikan *reheater attemperator spray flow* adalah sebesar 2,46 kCal/kWh setiap kenaikan konsumsi *reheater attemperator spray flow* sebesar 10 ton/jam.
3. Kenaikan *heat rate* akibat kenaikan *flue gas temperature* adalah sebesar 1,2 kCal/kWh setiap kenaikan *flue gas temperature* sebesar 1 °C.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka dapat dihitung *heat rate* pembangkit berdasarkan data-data hasil penelitian. Untuk hasil perhitungan pengaruh *superheater attemperator spray flow* adalah sebagai berikut:

Table 4.10 Perhitungan Pengaruh *Superheater Attemperator Spray Flow* terhadap NPHR

Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane (%)	Superheater Flow Actual (T/h)	Comm Manual Book	Gap Superheater attem Flow act dg comm	Pengaruh thd NPHR (EPRI) (kCal/kwh)
1,7:1					
1,7:1	45	194,215	202,24	-8,02	-0,95
1,7:1	50	213,818	202,24	11,58	1,37
1,7:1	55	227,096	202,24	24,86	2,93
1,7:1	60	232,926	202,24	30,69	3,62
1,8:1					
1,8:1	45	201,390	202,24	-0,85	-0,10
1,8:1	50	219,296	202,24	17,06	2,01
1,8:1	55	234,248	202,24	32,01	3,78
1,8:1	60	237,425	202,24	35,19	4,15
1,9:1					
1,9:1	45	203,641	202,24	1,41	0,17
1,9:1	50	223,632	202,24	21,40	2,52
1,9:1	55	236,503	202,24	34,27	4,04
1,9:1	60	240,374	202,24	38,14	4,50

Sumber: perhitungan data Pengujian

Keterangan di dalam tabel bahwa untuk kondisi pembukaan *classifier pulverizer* 40% baik pada *primary air to coal ratio* 1,7:1, 1,8:1 dan 1,9:1 tidak dilakukan perhitungan karena data atau beban yang saat penelitian tersebut terjadi derating. Untuk perhitungan mengenai pengaruh *reheater attemperator spray flow* terhadap NPHR adalah seperti pada tabel perhitungan berikut ini:

Table 4.11 Perhitungan Pengaruh *Reheater Attemperator Spray Flow* terhadap NPHR

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane (%)	Reheater Attemperator Spray Flow Actual (T/h)	Comm manual book	Gap Reheater attem Flow act dg comm	Pengaruh thd NPHR (EPRI) (kCal/kwh)
1,7:1					
1,7:1	45	24,929	10,757	14,17	3,49
1,7:1	50	33,663	10,757	22,91	5,63
1,7:1	55	40,652	10,757	29,89	7,35
1,7:1	60	44,472	10,757	33,72	8,29
1,8:1					
1,8:1	45	27,638	10,757	16,88	4,15
1,8:1	50	37,290	10,757	26,53	6,53
1,8:1	55	42,695	10,757	31,94	7,86
1,8:1	60	46,454	10,757	35,70	8,78
1,9:1					
1,9:1	45	29,667	10,757	18,91	4,65
1,9:1	50	39,315	10,757	28,56	7,03
1,9:1	55	43,120	10,757	32,36	7,96
1,9:1	60	48,269	10,757	37,51	9,23

Sumber: perhitungan data Pengujian

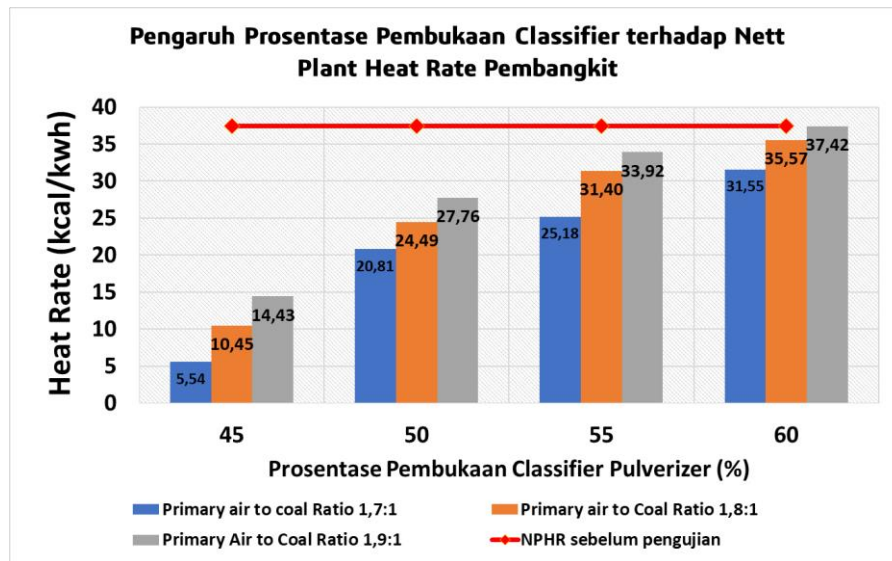
Adapun mengenai perhitungan akibat pengaruh kenaikan *flue gas temperature* dalam perhitungan *heat rate* pembangkit dapat dilihat sesuai dengan table berikut:

Table 4.12 Perhitungan Pengaruh *Flue Gas temperature* terhadap NPHR

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaa n Classifier Vane (%)	<i>Flue Gas temperature Actual</i> (T/h)	Comm	<i>Gap Flue Gas temp act dg comm</i>	Pengaruh thd NPHR (EPRI) (kCal/kwh)
1,7:1					
1,7:1	45	384,335	381,833	2,50	3,00
1,7:1	50	393,343	381,833	11,51	13,81
1,7:1	55	398,410	381,833	16,58	19,89
1,7:1	60	402,359	381,833	20,53	24,63
1,8:1					
1,8:1	45	387,165	381,833	5,33	6,40
1,8:1	50	396,371	381,833	14,54	17,44
1,8:1	55	402,468	381,833	20,63	24,76
1,8:1	60	404,866	381,833	23,03	27,64
1,9:1					
1,9:1	45	389,846	381,833	8,01	9,62
1,9:1	50	399,512	381,833	17,68	21,21
1,9:1	55	401,759	381,833	19,93	23,91
1,9:1	60	405,743	381,833	23,91	28,69

Sumber: perhitungan data Pengujian

Data-data hasil perhitungan pengaruh *superheater attemperator spray flow*, *reheater attemperator spray flow* dan *flue gas temperature* seperti terlihat pada Table 4.10, Table 4.11 dan Table 4.12, dilakukan penjumlahan untuk mengetahui total pengaruh parameter-parameter tersebut dalam *Nett Plant Heat Rate (NPHR)*. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya apabila dibuatkan grafik akan terlihat seperti pada gambar grafik berikut:



Gambar 4.15 Pengaruh Prosentase Pembukaan Classifier terhadap Nett Plant Heat Rate Pembangkit

Dari Gambar 4.15 dapat diketahui bahwa dampak pengujian pengaturan pembukaan classifier pada prosentase pembukaan 45% dan pengaturan *primary air to coal ratio* 1,7:1 berdampak pada *heat rate* sebesar 5,54 kCal/kWh yang terdiri dari *heat rate* akibat *superheater attemperator spray flow* sebesar -0,946 kCal/kWh, kenaikan *heat rate* akibat *reheater attemperator spray flow* sebesar 3,49 kCal/kWh dan *heat rate* akibat *flue gas temperature* sebesar 3,00 kCal/kWh. Kondisi awal saat menggunakan pengaturan prosentase pembukaan classifier 60% dengan *primary air to coal ratio* 1,9:1 menghasilkan kenaikan *heat rate* sebesar 37,42 kCal/kWh yang terdiri dari *heat rate* akibat kenaikan konsumsi *attemperator flow* baik pada *superheater* dan *reheater* dan kenaikan *flue gas temperature*. Apabila dibandingkan dengan kondisi sebelum penelitian yaitu pada prosentase pembukaan *classifier vane* 60% dengan *air fuel ratio* 1,9:1 akan memperbaiki *heat rate* sebesar 31,88 kCal/kWh. Apabila nilai *heat rate* tersebut dikonversi menjadi rupiah dengan estimasi harga batubara nilai kalori 4961 kCal/kg adalah 800 Rp/kg maka didapatkan potensi perbaikan sebesar: 3.084.539 /jam atau sebesar 74.028.946 /hari dari pengaturan awal sebelum dilakukan penelitian.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa prosentase pembukaan *classifier vane pulverizer* dan variasi *primary air to coal ratio* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas dan performa boiler ditinjau dari pengaruhnya terhadap parameter *flue gas temperature*, *superheater attemperator spray flow* dan *reheater attemperator spray flow*. Berdasarkan hasil dan analisis data yang disajikan diatas, dapat dirangkum kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pengaruh penelitian terhadap ukuran *fineness* adalah pada prosentase pembukaan classifier yang tetap, semakin besar *setting primary air to coal ratio*, maka semakin kecil prosentase ukuran partikel yang lolos 200 mesh dan pada *setting primary air to coal ratio* yang tetap, semakin tinggi prosentase pembukaan *classifier pulverizer*, maka semakin rendah prosentase ukuran partikel yang lolos ukuran 200 mesh.
- b. Pengaruh penelitian terhadap kapasitas maksimum pulverizer adalah pada prosentase pembukaan classifier yang tetap, semakin besar *primary air to coal ratio* maka kapasitas maksimum *pulverizer* semakin besar dan pada *setting primary air to coal ratio* yang tetap, semakin tinggi prosentase pembukaan classifier *pulverizer* maka semakin besar kapasitas maksimum *pulverizer*.
- c. Pengaruh penelitian terhadap NPHR yang akibat *flue gas temperature*, *superheater attemperator spray flow* dan *reheater attemperator spray flow* adalah sebagai berikut:

Pengaruh perbaikan Heat Rate dari kondisi sebelum pengujian yaitu pada prosentase pembukaan classifier sebesar 60% dengan *primary air to coal ratio* 1,9:1 menjadi prosentase pembukaan classifier 45% dengan *primary air to coal ratio* 1,7:1 adalah sebesar 31,88 kCal/kWh atau apabila dikonversi menjadi rupiah adalah sebesar Rp. 74.028.946/hari

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil dan analisis pengaruh variasi setting pembukaan classifier pulverizer terhadap NPHR untuk batubara nilai kalori 4961 HGI 49, maka penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Untuk penelitian yang selanjutnya dapat menggunakan durasi waktu setting dan stabilisasi beban yang lebih lama minimal 5 jam sehingga pengambilan data lebih stabil
2. Untuk pengambilan selanjutnya dapat menggunakan metode numerik sehingga dapat menggambarkan sebaran partikel serta proses pencampuran batubara (*fuel*) didalam ruang bakar serta sebaran panas pada boiler.

DAFTAR PUSTAKA

- Carpenter, K., & Schmid, C. (2008). Common Boiler Excess Air Trends and Strategies to Optimize Efficiency. *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*.
- Gills, A. (1984). *Power Plant Performance 1st Edition*. London: Butterworths and Co Ltd.
- Zixiang, Li; Miao, Zhengqing; Zhou, Yan; Wen, Shurong & Li. Jiangtao (2017) *Influence of Increased Primary Air Ratio on Boiler Performance in A 660MW Brown Coal Boiler*
- Kemendikbud. (2012). *Roadmap Pengembangan Mobil Listrik Nasional*. Kemendikbud.
- Laporan Pusat Sumberdaya Mineral, B. d. (2017). *Laporan Pusat Sumberdaya Mineral*. Indonesia: Dirjend Mineral dan Batubara.
- Moran J. M., S. N. (2004). *“Termodinamika Teknik”, Jilid 2, edisi*. Jakarta: Erlangga.
- Richard F. (Dick) Storm, P.(2017). *To Optimize Performance, Begin at the Pulverizers*. Storm Technologies Inc.
- Shah, K., R.Vuthaluru, & H.B.Vuthaluru. (2008). *CFD based investigations into optimization of coal pulveriser performance: Effect of Classifier vane Setting. Fuel Processing Technology*.
- United States Tennessee Valley Authority & National Thermal Power Corporation Ltd. (2000). *Heat Rate Improvement Guidelines. United States Agency for International Development (USAID)*
- Black & Veatch. (1996). *Power Plant Engineering*. Boston: Springer
- STROM. (2007). STROM Company.

Warnatz, U. M. (2006). *Combustion Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation*. Berkeley: Springer.

N.A.W. Mohd Noor, H. Hassan, M.F. Hashim, H. Hasini, and K.M. Munisamy, (2017). " *Preliminary investigation on the effects of primary airflow to coal particle distribution in coal-fired boilers* "

"Innovative Combustion Technologies," vol. 35244, no. 205, pp. 1–8, 2007.

B. Richard and F. D. Storm, (2010) *Pulverized Coal Pipe Testing and Balancing Four Steps to Fuel Line Balancing Isokinetic Testing,*

Blondeau, R. Kock, J. Mertens, A. J. Eley, and L. Holub, (2016). "Online monitoring of coal particle size and flow distribution in coal-fired power plants: Dynamic effects of a varying mill classifier speed," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 98, pp. 449–454

"ISO 9931.pdf."

S. T. Method, (2002) "*Standard Test Method for Sampling and Fineness Test of Pulverized Coal 1,*" *Changes*, vol. 87, no. Reapproved, pp. 1–7,

Electric Power Research Institute, (1986). *Heat Rate Improvement Guidelines for Existing Fossil Plants CS-4554*

Lampiran 1 Certificate of Analysis (COA) Batubara Commisioning

PT. CARSURIN LTD.
JALAN PEJAGALAN 141
(JALAN PANGERAN JAYAKARTA)
BLOK IIA - IIB - IIC
PHONES : 623531, 623556, 623678
TELEX : 41394 CARLIN-JKT.
P.O. Box. 3359/ JAKARTA 10002.

CARSURIN

MARINE BULK OIL SURVEYORS,
MARINE SUPERINTENDENTS,
MARINE CONSULTANTS,
INSURANCE SURVEYORS & ADJUSTERS,
COTTON CONTROLLERS,
ANALYTICAL & TESTING LABORATORIES.

No. : 605.0071/C
Date : March 29, 1986

**CERTIFICATE
OF
LABORATORY ANALYSIS**

Applicant : BABCOCK & WILCOX INDONESIA
Samples : Raw Coal
Sample Received : March 21, 1986
Number of Samples : 2 (two) x 1 Plastic drum (small size)
Labelled by : BABCOCK & WILCOX CANADA
Remarks on Label : Sealed
Taken from Combine Container No."93 and 94" Raw Coal
Date : March 20, 1986
Test : No. G 4

The sample were Analysed in accordance with ASTM Analytical method with the results :

A. Ultimate D - 3170 - 74		As received basis
Moisture		24.21
A s h		56.09
Carbon		56.82
Hydrogen	(U)	2.85
Sulphur		0.42
Nitrogen	(U)	0.48
Oxygen		9.13
B. Higher Heating value D - 3285 - 77		5387 Kcal / Kg
As Received basis		
C. Volatile Matter content D - 3175 - 77		34.13
As Received basis		
D. Chemical Analysis of Ash D - 2795 - 96		
Silica	Si O ₂	57.09
Iron	Fe ₂ O ₃	4.36
Aluminium Oxide	Al ₂ O ₃	27.67
Calcium Oxide	Ca O	3.12
Magnesium Oxide	Mg O	1.29
Sodium Oxide	Na ₂ O	2.34
Potassium Oxide	K ₂ O	0.53
Sulphur Trioxide	S O ₃	2.48
Titanium Dioxide	Ti O ₂	0.65
Phosphate Pentoxide	P ₂ O ₅	0.47
E. Hardgrove Grindability Index	D - 410 - 38	58.71

Remarks : Sampling is not carried out by us.
This report refers to the tested sample only.

Jakarta, March 29, 1986
P.T. CARSURIN LTD.
LABORATORY
Ir. Arjono S.W.
Chief of Laboratory

Gambar 5. 1 Certificate of Analysis (COA) Batubara Commisioning

Lampiran 2 Certificate of Analysis (COA) Pengujian

Attachment
To Certificate No. 00788/CBBQAG
Date: May 17, 2013
Page 1 of 1


SUCOFINDO
 Issuing Office:
 UP 1 Suralaya Komplek PLTU Suralaya Jl. Patiton No. 1 Suralaya Pulo
 Merak - Cilegon, Banten, Indonesia
 Phone/Fax: +62 254 574635/574635
 Email: Minton@sucofindo.co.id

CERTIFICATE OF SAMPLING AND ANALYSIS

Parameters	Units	Results			Methods
		As Received Basis	Air Dried Basis	Dry Basis	
Proximate Analysis:					
- Total Moisture	% wt	24.94	-	-	ASTM D 3302-07
- Inherent Moisture	% wt	-	13.20	-	ASTM D 3173-08
- Ash Content	% wt	5.53	6.40	7.37	ASTM D 3174-04
- Volatile Matter	% wt	33.17	38.36	44.19	ASTM D 3175-07
- Fixed Carbon	% wt	36.36	42.04	48.44	By Difference
Total Sulfur	% wt	0.79	0.91	1.05	ASTM D 4239-08
Gross Calorific Value	Kcal/Kg	4961	5737	6609	ASTM D 5885-07
Ultimate Analysis:					
- Total Moisture	% wt	24.94	-	-	ASTM D 3302-07
- Inherent Moisture	% wt	-	13.20	-	ASTM D 3173-08
- Ash Content	% wt	5.53	6.40	7.37	ASTM D 3174-04
- Sulfur	% wt	0.79	0.91	1.05	ASTM D 4239-08
- Hydrogen	% wt	3.44	3.98	4.59	ASTM D 5373-08
- Carbon	% wt	48.38	55.95	64.46	ASTM D 5373-08
- Nitrogen	% wt	0.40	0.46	0.53	ASTM D 5373-08
- Oxygen	% wt	16.52	19.10	22.00	By Difference
HGI	Point Index	49			ASTM D 409-09
Size Distribution					
+ 70 mm	% wt	0.00			
+ 50 - 70 mm	% wt	2.77			
+ 32 - 50 mm	% wt	13.23			
+ 2.38 - 32 mm	% wt	66.14			
- 2.38 mm	% wt	17.86			
Ash Analysis					
- SiO ₂	% wt	47.35			ASTM D 3682-06
- Al ₂ O ₃	% wt	20.69			ASTM D 3682-06
- Fe ₂ O ₃	% wt	12.26			ASTM D 3682-06
- CaO	% wt	1.75			ASTM D 3682-06
- MgO	% wt	2.80			ASTM D 3682-06
- K ₂ O	% wt	0.63			ASTM D 3682-06
- Na ₂ O	% wt	0.43			ASTM D 3682-06
- MnO ₂	% wt	0.19			ASTM D 3682-06
- TiO ₂	% wt	1.51			ASTM D 3682-06
- P ₂ O ₅	% wt	0.73			ASTM D 2795-95
- SO ₃	% wt	11.15			ASTM D 5016
- Undetermined	% wt	0.51			
Slagging Factor		0.27		(Low)	By Difference
Fouling Factor		0.11		(Low)	By Difference
Ash Fusion Temperature		Reducing		Oxidizing	ASTM D 1857-04
- Initial Deformation	°C	1200		1280	
- Spherical	°C	1220		1290	
- Hemisphere	°C	1230		1300	
- Flow	°C	1240		1320	

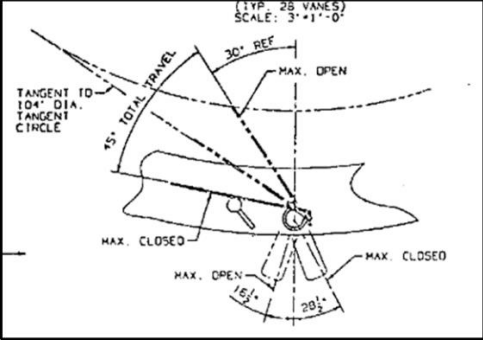
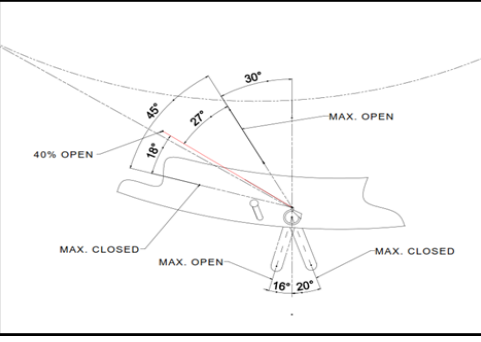
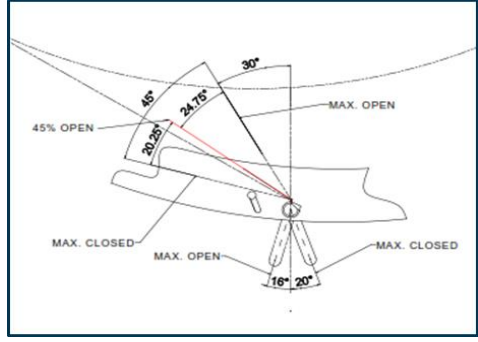
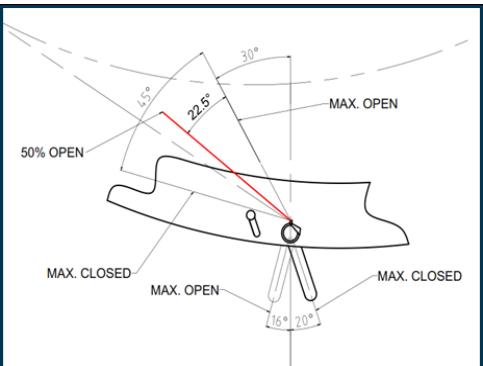
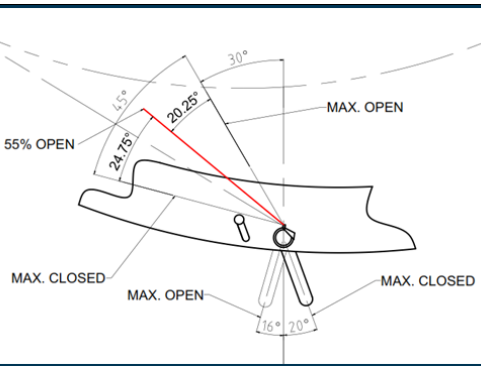
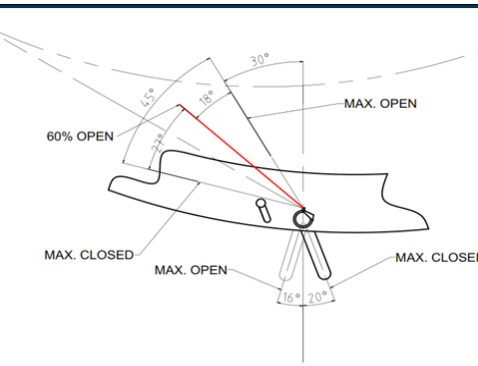
OFFICIAL COPY

0642045



Gambar 5.2 Certificate of Analysis (COA) Pengujian

Lampiran 3 Posisi Pembukaan Classifier Pulverizer MPS 89N

		
Posisi pergerakan Classifier	Posisi pembukaan Clasifier 40%	Posisi pembukaan Clasifier 45%
		
Posisi pembukaan Clasifier 50%	Posisi pembukaan Clasifier 55%	Posisi pembukaan Clasifier 60%

Gambar 5.3 Posisi Pembukaan Classifier

Lampiran 4 (Data DCS menggunakan NK 4861 HGI 49, Classifier opening 60%, sebelum penelitian dilakukan)

Table 5.4 Tabel Download Data DCS Pra Pengujian

UNIT MASTER GENERATED MW [MW]	FLUE GAS TEMP	SUPERHEATER TOTAL SPR FLOW SEL XMT R [t/h]	RH ATM SPRY WTR FLOW (COMP) [t/h]	UNIT MASTER GENERATED MW [MW]	FLUE GAS TEMP	REF FLUE GAS TEMP	SUPERHEATER TOTAL SPR FLOW SEL XMT R [t/h]	SUPERHEATER TOTAL SPR FLOW SEL REF [t/h]	RH ATM SPRY WTR FLOW (COMP) [t/h]	RH ATM SPRY WTR FLOW REF [t/h]
550,60	370,00	172,66	62,85	590,51	413,79	381,83	181,32	176,57	20,31	10,76
557,03	371,51	152,52	23,94	588,35	413,30	381,83	216,21	176,57	27,50	10,76
555,84	372,21	149,11	26,68	589,07	413,62	381,83	185,72	176,57	69,03	10,76
554,16	371,82	160,28	61,89	589,32	414,55	381,83	172,80	176,57	70,07	10,76
557,03	373,80	169,85	56,47	586,92	415,04	381,83	214,85	176,57	25,24	10,76
558,71	374,13	172,38	63,88	588,35	415,56	381,83	194,62	176,57	76,46	10,76
554,64	375,42	169,81	61,78	595,03	416,71	381,83	212,72	176,57	27,32	10,76
560,38	376,91	170,37	56,34	589,96	417,01	381,83	206,00	176,57	31,68	10,76
594,48	392,86	185,65	62,31	590,99	417,57	381,83	192,54	176,57	76,32	10,76
604,50	396,07	178,91	39,40	588,60	418,46	381,83	228,92	176,57	78,93	10,76
597,35	395,00	179,31	59,34	587,16	419,20	381,83	228,56	176,57	65,99	10,76
591,78	395,05	183,80	18,42	595,03	419,16	381,83	205,78	176,57	63,52	10,76
594,25	394,30	147,10	10,01	595,03	420,72	381,83	220,50	176,57	52,72	10,76
589,80	387,75	142,49	17,81	589,32	421,16	381,83	224,17	176,57	78,75	10,76
594,09	382,95	130,66	24,30	590,99	420,64	381,83	231,43	176,57	68,59	10,76
592,34	379,47	156,95	5,61	590,99	420,92	381,83	229,84	176,57	65,27	10,76
596,95	378,10	142,55	7,57	594,09	420,94	381,83	224,35	176,57	67,92	10,76
598,38	378,18	123,39	48,90	594,09	421,02	381,83	206,44	176,57	56,82	10,76
599,34	378,40	132,05	59,15	588,60	421,37	381,83	218,27	176,57	52,88	10,76
589,96	377,69	150,06	25,36	591,71	422,27	381,83	224,60	176,57	79,26	10,76
597,43	376,71	145,39	21,69	596,00	422,73	381,83	203,24	176,57	60,84	10,76
592,10	376,86	198,64	25,07	590,26	423,72	381,83	229,81	176,57	48,80	10,76
594,48	377,00	143,53	64,22	589,55	424,40	381,83	246,33	176,57	71,13	10,76
594,48	377,34	136,21	59,95	578,97	420,12	381,83	210,90	176,57	42,34	10,76
590,51	376,92	143,24	24,60	582,40	414,56	381,83	218,24	176,57	10,99	10,76
583,99	376,76	176,03	64,03	574,29	408,22	381,83	233,68	176,57	15,49	10,76
592,34	376,81	111,28	62,27	560,20	405,53	381,83	235,64	176,57	7,32	10,76
590,19	377,16	162,42	24,47	553,77	400,55	381,83	227,51	176,57	11,65	10,76
588,05	376,76	140,20	58,17	558,54	400,15	381,83	260,96	176,57	17,46	10,76
587,57	375,74	135,90	8,34	566,41	398,86	381,83	243,19	176,57	11,96	10,76
580,88	376,09	156,01	24,82	556,39	397,14	381,83	211,52	176,57	0,00	10,76
554,89	371,55	128,46	0,00	560,68	396,14	381,83	225,46	176,57	9,24	10,76
551,80	368,17	128,91	0,00	559,43	390,70	381,83	258,12	176,57	12,51	10,76
550,60	368,56	137,37	8,63	561,08	390,83	381,83	240,33	176,57	10,83	10,76
553,69	367,39	111,86	13,73	560,38	393,84	381,83	243,30	176,57	9,18	10,76
551,55	367,85	111,88	0,00	562,75	395,59	381,83	226,48	176,57	22,76	10,76
552,03	367,36	113,79	10,71	553,69	397,13	381,83	235,83	176,57	19,04	10,76
556,07	366,33	100,88	19,42	555,36	398,73	381,83	244,08	176,57	14,72	10,76

557,52	365,66	107,37	25,31
553,45	365,19	109,16	0,00
551,80	369,31	162,46	64,77
557,27	374,53	149,96	21,11
584,46	388,68	191,46	11,38
590,91	390,88	194,52	30,30
596,16	393,72	163,98	13,59
598,38	395,23	185,07	11,75
596,64	395,19	194,74	56,56
597,84	396,42	192,15	19,83
597,84	397,66	184,92	53,75
594,48	397,74	183,29	22,66
595,20	398,14	183,47	15,21
594,00	399,09	182,31	44,37
597,84	398,89	176,16	8,41
591,64	398,39	171,11	49,49
592,10	398,78	181,95	39,68
591,64	399,35	179,18	17,21
592,57	400,32	140,90	15,17
590,44	401,16	179,96	30,21
577,06	399,06	164,98	49,55
579,69	397,33	165,46	0,00
590,44	400,87	189,36	8,48
580,65	397,79	168,03	19,61
594,96	402,69	163,30	35,67
592,57	403,64	179,81	54,76
596,23	404,83	195,60	55,69
593,28	404,53	201,49	62,66
596,16	404,54	187,84	62,50
587,33	404,64	196,01	61,72
591,53	405,56	184,96	63,17
593,84	405,83	183,57	62,71
591,71	405,86	190,65	60,33
587,16	405,34	190,58	32,40
593,61	405,94	188,95	27,34
595,20	406,32	185,71	13,09
594,09	405,65	180,93	12,85
589,24	404,92	186,19	57,80
590,99	405,81	172,70	13,99
594,73	406,38	178,62	36,06
588,76	406,52	173,50	55,97
587,08	406,58	215,63	8,11
591,64	407,78	181,16	42,17
593,28	408,17	196,94	50,19
592,80	408,86	199,11	59,91
589,00	409,13	205,82	66,53
591,64	409,75	206,35	53,58
591,71	409,81	210,32	47,19
599,10	409,93	204,58	52,83
592,91	410,03	214,51	36,18
594,09	410,09	212,99	33,17
596,23	410,26	203,89	21,00
597,66	410,47	231,38	34,01
592,18	410,81	220,48	26,03

568,09	424,21	381,83	286,10	176,57	32,31	10,76
598,62	429,67	381,83	283,84	176,57	5,16	10,76
603,38	423,27	381,83	285,39	176,57	42,23	10,76
594,80	421,86	381,83	292,87	176,57	42,72	10,76
588,60	417,07	381,83	307,44	176,57	9,18	10,76
593,28	417,17	381,83	275,45	176,57	16,52	10,76
591,23	412,13	381,83	265,89	176,57	21,94	10,76
591,15	411,81	381,83	264,63	176,57	31,97	10,76
589,32	407,82	381,83	271,41	176,57	20,38	10,76
590,26	405,10	381,83	294,75	176,57	16,15	10,76
594,32	406,23	381,83	283,60	176,57	33,17	10,76
592,91	413,62	381,83	275,35	176,57	50,03	10,76
591,39	412,15	381,83	231,34	176,57	11,96	10,76
592,57	407,08	381,83	230,29	176,57	24,15	10,76
593,84	409,97	381,83	252,23	176,57	51,95	10,76
594,96	408,68	381,83	234,96	176,57	58,86	10,76
595,68	409,93	381,83	244,05	176,57	11,60	10,76
577,06	407,68	381,83	208,26	176,57	14,29	10,76
576,83	408,79	381,83	214,80	176,57	43,00	10,76
575,17	411,61	381,83	261,62	176,57	57,05	10,76
562,52	406,30	381,83	218,35	176,57	0,00	10,76
558,46	405,74	381,83	232,04	176,57	12,16	10,76
558,00	401,38	381,83	237,07	176,57	34,08	10,76
556,55	397,09	381,83	243,48	176,57	17,81	10,76
556,16	386,87	381,83	242,63	176,57	17,81	10,76
557,52	386,34	381,83	239,00	176,57	13,27	10,76
559,91	386,18	381,83	234,34	176,57	11,06	10,76
555,36	386,88	381,83	239,45	176,57	18,35	10,76
558,46	387,69	381,83	232,03	176,57	0,00	10,76
559,18	388,90	381,83	239,77	176,57	23,64	10,76
560,62	389,79	381,83	237,63	176,57	29,43	10,76
557,03	390,77	381,83	245,62	176,57	3,43	10,76
558,71	381,04	381,83	233,98	176,57	32,88	10,76
555,84	378,94	381,83	239,88	176,57	20,65	10,76
555,60	377,13	381,83	215,58	176,57	27,61	10,76
558,95	380,35	381,83	204,97	176,57	50,76	10,76
557,52	383,87	381,83	231,42	176,57	1,82	10,76
558,95	384,33	381,83	232,60	176,57	0,00	10,76
563,00	385,59	381,83	241,88	176,57	5,16	10,76
563,00	386,53	381,83	241,90	176,57	18,58	10,76
562,52	387,33	381,83	252,24	176,57	57,93	10,76
568,95	389,76	381,83	243,10	176,57	35,85	10,76
589,48	399,03	381,83	275,68	176,57	40,53	10,76
594,96	402,00	381,83	262,66	176,57	37,38	10,76
590,91	402,86	381,83	284,01	176,57	55,33	10,76
593,61	404,29	381,83	280,91	176,57	8,34	10,76
589,32	404,17	381,83	273,53	176,57	60,04	10,76
588,35	404,74	381,83	284,30	176,57	13,27	10,76
592,18	405,69	381,83	273,59	176,57	9,88	10,76
593,14	405,51	381,83	269,96	176,57	58,50	10,76
590,26	406,40	381,83	268,07	176,57	68,02	10,76
590,99	406,09	381,83	272,18	176,57	19,61	10,76
591,94	405,19	381,83	281,58	176,57	32,06	10,76
585,96	406,11	381,83	280,10	176,57	52,05	10,76

594,00	410,96	216,74	22,05
592,34	410,75	205,86	16,60
585,89	410,61	229,83	22,25
590,26	410,50	216,46	51,70
592,80	410,30	230,59	61,35
593,53	410,46	233,51	69,59
594,48	410,76	237,13	60,20
593,28	411,04	216,61	54,98
597,35	411,39	223,52	62,90
592,57	412,11	226,11	70,63
595,44	411,40	221,81	68,94
586,85	409,31	192,68	17,64
571,34	394,93	174,97	13,77
576,83	392,32	184,80	15,57
556,32	381,28	181,98	25,58
554,64	374,48	157,82	14,34
551,32	383,32	228,34	61,86
575,17	388,38	232,74	26,66
595,27	396,44	257,26	56,06
594,80	396,52	245,30	25,29
593,61	395,92	245,31	52,65
588,84	395,98	280,60	43,10
593,61	396,52	236,81	62,31
591,46	396,47	232,43	39,34
595,03	396,58	223,10	54,83
589,00	397,81	233,56	38,45
592,80	398,17	249,98	60,87
589,07	398,22	245,39	56,09
598,78	399,30	274,30	54,55
597,35	399,35	244,63	55,14
604,98	400,27	248,97	52,29
599,02	400,25	253,34	47,98
596,87	399,80	246,63	50,10
575,17	395,07	249,50	18,85
576,13	394,24	224,48	58,23
559,91	388,35	188,02	20,50
569,67	372,26	232,92	54,08
601,39	387,04	262,49	39,81
601,88	389,61	242,10	38,21
600,20	390,20	250,44	22,08
597,35	389,38	256,15	11,65
593,53	390,09	248,27	21,37
599,27	390,16	223,75	48,05
594,96	390,29	222,07	59,92
596,95	390,63	240,61	12,80
594,55	391,02	233,85	62,16
592,42	390,94	243,04	51,80
595,75	391,24	249,41	9,24
596,64	392,26	233,78	58,01
594,80	394,65	237,05	18,97
596,95	395,26	227,23	58,03
599,10	395,71	245,83	54,63
599,10	396,45	251,92	9,76
597,59	396,70	257,34	18,11

589,80	405,60	381,83	268,79	176,57	61,24	10,76
591,71	406,51	381,83	265,46	176,57	18,88	10,76
587,41	407,34	381,83	272,21	176,57	62,88	10,76
589,55	407,26	381,83	277,97	176,57	71,11	10,76
586,44	407,97	381,83	275,76	176,57	72,25	10,76
590,26	408,71	381,83	271,22	176,57	44,35	10,76
594,25	409,84	381,83	272,29	176,57	37,28	10,76
595,03	409,47	381,83	249,87	176,57	71,17	10,76
591,94	411,05	381,83	269,88	176,57	63,64	10,76
593,36	411,01	381,83	254,16	176,57	61,47	10,76
579,05	411,19	381,83	293,91	176,57	66,11	10,76
585,01	411,36	381,83	289,73	176,57	70,98	10,76
591,23	412,32	381,83	275,63	176,57	59,55	10,76
590,99	413,03	381,83	277,72	176,57	63,69	10,76
585,96	413,54	381,83	296,58	176,57	57,92	10,76
586,69	412,67	381,83	275,45	176,57	60,29	10,76
587,16	412,42	381,83	260,24	176,57	61,74	10,76
589,32	413,00	381,83	279,63	176,57	63,37	10,76
593,14	413,73	381,83	277,61	176,57	69,19	10,76
589,32	414,24	381,83	275,36	176,57	58,36	10,76
593,28	415,28	381,83	294,21	176,57	66,93	10,76
591,94	415,60	381,83	292,54	176,57	68,64	10,76
590,75	415,50	381,83	289,49	176,57	63,28	10,76
588,84	415,85	381,83	283,00	176,57	61,68	10,76
589,24	416,62	381,83	285,23	176,57	64,99	10,76
603,15	420,74	381,83	308,61	176,57	76,64	10,76
603,63	420,99	381,83	306,54	176,57	76,09	10,76
591,46	417,41	381,83	292,09	176,57	72,94	10,76
592,18	417,08	381,83	292,64	176,57	59,33	10,76
588,12	417,88	381,83	305,18	176,57	70,60	10,76
593,36	418,73	381,83	283,98	176,57	73,61	10,76
594,55	419,32	381,83	291,06	176,57	70,61	10,76
590,51	420,41	381,83	288,64	176,57	71,29	10,76
593,77	420,19	381,83	282,73	176,57	70,44	10,76
592,91	420,08	381,83	289,21	176,57	69,66	10,76
595,52	421,86	381,83	288,92	176,57	71,08	10,76
596,39	422,06	381,83	279,46	176,57	70,12	10,76
598,30	421,05	381,83	259,54	176,57	59,85	10,76
597,35	414,60	381,83	273,95	176,57	60,78	10,76
594,96	405,99	381,83	298,95	176,57	33,06	10,76
595,68	405,17	381,83	283,83	176,57	63,12	10,76
591,15	403,45	381,83	291,68	176,57	20,16	10,76
596,39	402,15	381,83	288,97	176,57	60,06	10,76
592,57	402,66	381,83	299,16	176,57	57,20	10,76
591,87	404,20	381,83	277,83	176,57	24,55	10,76
592,57	406,69	381,83	299,32	176,57	9,95	10,76
595,44	408,02	381,83	301,86	176,57	17,03	10,76
592,10	409,94	381,83	300,76	176,57	52,49	10,76
602,66	410,98	381,83	304,96	176,57	22,27	10,76
606,41	411,54	381,83	256,68	176,57	8,55	10,76
579,69	402,71	381,83	257,64	176,57	13,82	10,76
572,31	401,16	381,83	290,63	176,57	20,40	10,76
574,69	395,98	381,83	302,28	176,57	19,00	10,76
555,12	384,69	381,83	231,41	176,57	19,26	10,76

598,62	396,96	269,45	58,95
603,86	397,72	262,60	10,72
601,95	399,17	259,74	59,75
599,57	399,19	257,39	15,17
601,95	399,99	279,53	13,27
605,30	400,44	280,20	51,56
596,71	400,06	267,94	22,82
599,82	399,66	250,43	16,56
601,72	399,97	264,16	58,63
594,55	399,75	289,10	10,99
596,00	399,70	278,63	41,19
598,62	400,49	266,92	56,42
596,71	400,23	273,64	12,41
602,43	401,60	271,83	25,53
603,15	401,42	277,10	51,55
599,82	401,81	280,42	62,34
603,15	402,20	278,21	64,63
599,98	402,45	273,72	14,29
597,91	402,09	266,94	18,25
596,71	401,76	269,43	60,09
597,43	402,54	266,06	49,63
594,80	403,43	274,41	26,93
598,62	404,11	271,94	26,21
601,95	404,10	265,73	62,66
597,91	404,06	279,22	63,41
598,14	404,73	264,81	44,59
599,57	404,97	269,49	17,24
600,29	403,73	236,49	15,84
590,26	398,94	225,09	7,88
592,66	395,25	258,19	8,70
596,95	392,97	235,45	12,26
598,86	393,01	268,39	14,08
600,68	390,75	250,88	20,35
593,53	390,70	282,04	9,95
596,87	388,70	240,83	6,98
596,87	388,49	233,52	14,08
597,35	386,83	245,14	7,81
600,45	386,81	246,24	8,48
600,91	387,49	261,00	14,21
602,36	386,63	218,86	14,88
597,59	385,95	240,61	9,76
598,78	389,32	228,62	19,67
599,75	388,05	228,56	23,97
596,64	388,42	233,90	17,32
572,77	385,46	236,52	15,84
571,83	385,72	237,95	13,90
574,22	387,76	229,78	10,66
581,37	389,12	220,94	9,57
577,31	388,34	244,68	14,21
578,49	388,41	236,62	13,77
573,97	388,60	215,72	13,68
579,69	389,51	223,71	24,45
584,69	391,32	226,93	31,35
583,28	390,88	223,65	19,07

560,62	402,65	381,83	231,64	176,57	41,25	10,76
579,22	400,06	381,83	278,18	176,57	63,31	10,76
585,17	397,49	381,83	256,81	176,57	62,33	10,76
577,54	395,87	381,83	272,15	176,57	17,95	10,76
552,03	390,64	381,83	233,14	176,57	62,72	10,76
552,96	387,98	381,83	227,37	176,57	56,68	10,76
552,96	388,70	381,83	247,46	176,57	61,31	10,76
558,95	389,90	381,83	244,69	176,57	25,77	10,76
558,71	390,27	381,83	243,19	176,57	45,24	10,76
554,41	393,10	381,83	257,74	176,57	28,97	10,76
555,84	394,41	381,83	249,76	176,57	21,83	10,76
564,18	394,66	381,83	251,39	176,57	42,88	10,76
555,36	395,26	381,83	249,20	176,57	62,96	10,76
561,56	396,79	381,83	262,87	176,57	15,99	10,76
604,02	404,96	381,83	283,51	176,57	60,67	10,76
602,84	406,51	381,83	266,68	176,57	57,91	10,76
595,68	406,49	381,83	290,57	176,57	62,03	10,76
596,16	406,59	381,83	273,86	176,57	51,44	10,76
591,46	407,04	381,83	285,78	176,57	55,12	10,76
587,41	406,70	381,83	293,21	176,57	59,75	10,76
591,71	406,95	381,83	277,61	176,57	64,54	10,76
597,66	407,27	381,83	283,30	176,57	66,58	10,76
597,43	408,83	381,83	286,91	176,57	67,99	10,76
601,48	408,42	381,83	271,45	176,57	65,82	10,76
596,23	408,68	381,83	279,84	176,57	58,69	10,76
601,72	410,01	381,83	275,85	176,57	66,41	10,76
599,57	409,19	381,83	275,55	176,57	61,61	10,76
595,03	409,08	381,83	263,49	176,57	59,53	10,76
601,48	409,57	381,83	264,34	176,57	63,38	10,76
593,84	410,22	381,83	266,76	176,57	59,85	10,76
594,09	410,50	381,83	277,68	176,57	64,35	10,76
595,68	410,84	381,83	266,62	176,57	59,52	10,76
593,61	411,04	381,83	266,80	176,57	60,48	10,76
594,80	411,22	381,83	256,81	176,57	63,91	10,76
591,23	412,16	381,83	260,72	176,57	56,35	10,76
589,80	412,32	381,83	265,41	176,57	62,94	10,76
592,18	412,64	381,83	261,47	176,57	70,42	10,76
595,03	413,30	381,83	252,74	176,57	66,81	10,76
592,18	413,88	381,83	249,78	176,57	57,15	10,76
600,53	413,85	381,83	257,15	176,57	61,74	10,76
594,55	415,11	381,83	263,89	176,57	73,41	10,76
591,94	415,20	381,83	266,34	176,57	70,61	10,76
592,42	414,69	381,83	251,11	176,57	63,62	10,76
595,91	416,36	381,83	255,89	176,57	72,32	10,76
599,57	417,13	381,83	259,21	176,57	70,79	10,76
610,06	419,49	381,83	241,94	176,57	69,76	10,76
605,06	418,74	381,83	262,94	176,57	73,74	10,76
606,97	419,46	381,83	246,28	176,57	73,25	10,76
603,15	419,30	381,83	251,58	176,57	72,25	10,76
602,20	419,81	381,83	250,60	176,57	70,32	10,76
600,77	419,44	381,83	247,59	176,57	71,49	10,76
598,86	419,76	381,83	237,86	176,57	71,25	10,76
599,10	419,05	381,83	208,54	176,57	73,35	10,76
608,88	417,66	381,83	228,62	176,57	39,55	10,76

588,05	390,25	196,40	7,23
583,04	388,35	232,00	64,81
582,08	386,11	223,27	58,53
574,45	381,23	212,26	51,61
551,80	374,20	195,47	10,19
558,95	376,28	214,12	51,76
558,00	377,32	207,96	6,23
553,69	378,76	199,93	13,90
556,55	379,84	214,53	33,89
560,84	381,86	190,30	8,34
560,62	382,10	222,48	48,39
564,18	383,22	214,43	67,89
587,33	388,08	228,11	21,91
582,33	388,48	214,06	20,07
585,89	389,22	227,95	24,60
577,54	389,20	234,52	24,50
580,42	389,62	228,94	48,88
584,46	390,73	222,60	70,40
557,27	386,00	200,53	26,43
558,95	385,31	212,74	17,39
561,80	386,84	220,38	64,74
557,03	387,73	211,45	32,89
591,15	392,98	232,59	67,55
593,53	395,83	239,18	38,54
598,30	397,05	238,54	67,79
594,25	397,57	253,86	49,26
594,00	398,44	259,10	62,24
592,57	398,56	245,80	60,87
590,67	398,42	264,73	65,60
597,59	399,74	259,64	69,04
602,11	401,23	259,15	73,30
604,27	401,35	252,83	72,50
591,23	400,51	267,91	59,54
596,71	402,11	271,86	81,54
594,48	402,31	271,59	71,75
597,59	402,33	271,86	74,27
586,14	401,76	280,38	80,41
596,16	401,58	238,77	62,80
590,19	400,60	274,76	65,62
592,57	401,57	262,89	73,47
591,87	402,66	272,25	72,23
593,28	402,97	267,49	57,22
590,44	403,53	267,83	61,10
593,53	403,34	272,51	76,11
599,02	404,51	258,82	70,71
599,98	404,37	268,78	71,95
591,15	404,07	265,37	57,65
593,53	404,78	266,42	62,17
596,64	405,78	260,91	66,84
594,73	405,82	278,14	70,91
597,84	406,08	256,37	73,17
606,18	407,86	226,64	70,80
602,36	407,84	280,88	77,17
588,53	405,98	283,09	70,55

604,82	404,71	381,83	229,58	176,57	21,08	10,76
601,02	400,34	381,83	218,30	176,57	44,68	10,76
598,62	397,75	381,83	240,09	176,57	44,68	10,76
593,28	395,87	381,83	248,00	176,57	17,74	10,76
589,80	391,32	381,83	229,44	176,57	21,72	10,76
593,61	392,19	381,83	246,99	176,57	20,64	10,76
597,43	392,02	381,83	252,85	176,57	8,48	10,76
603,63	392,63	381,83	266,86	176,57	49,24	10,76
602,66	393,68	381,83	280,51	176,57	2,13	10,76
606,41	398,26	381,83	265,65	176,57	31,37	10,76
606,41	398,44	381,83	269,54	176,57	49,35	10,76
608,31	398,94	381,83	251,64	176,57	29,27	10,76
598,30	399,32	381,83	264,18	176,57	50,44	10,76
601,16	399,85	381,83	261,21	176,57	10,78	10,76
601,88	400,87	381,83	260,32	176,57	62,77	10,76
590,91	400,74	381,83	279,38	176,57	21,69	10,76
598,78	400,27	381,83	273,35	176,57	22,84	10,76
599,27	401,16	381,83	212,86	176,57	29,49	10,76
600,91	395,99	381,83	228,88	176,57	12,66	10,76
595,68	397,05	381,83	211,71	176,57	14,29	10,76
600,91	399,33	381,83	246,26	176,57	17,11	10,76
604,98	400,36	381,83	249,67	176,57	59,30	10,76
597,18	399,66	381,83	271,69	176,57	24,33	10,76
597,18	400,38	381,83	248,17	176,57	24,95	10,76
587,08	400,13	381,83	220,04	176,57	26,68	10,76
574,93	396,26	381,83	202,05	176,57	37,08	10,76
559,91	393,11	381,83	197,09	176,57	12,56	10,76
556,07	384,47	381,83	228,51	176,57	54,70	10,76
555,68	382,71	381,83	212,70	176,57	33,02	10,76
557,52	388,28	381,83	214,27	176,57	53,29	10,76
581,60	394,55	381,83	240,81	176,57	45,46	10,76
589,24	398,03	381,83	267,52	176,57	71,68	10,76
604,98	400,87	381,83	268,51	176,57	60,43	10,76
603,55	402,30	381,83	260,54	176,57	66,92	10,76
608,08	403,21	381,83	236,53	176,57	58,92	10,76
599,75	403,14	381,83	211,97	176,57	66,22	10,76
573,74	396,12	381,83	185,13	176,57	71,30	10,76
573,49	396,47	381,83	240,73	176,57	47,85	10,76
577,78	397,70	381,83	243,81	176,57	62,45	10,76
573,74	399,07	381,83	245,36	176,57	48,95	10,76
573,26	399,54	381,83	219,82	176,57	25,31	10,76
578,03	401,34	381,83	240,27	176,57	31,81	10,76
584,24	402,29	381,83	246,87	176,57	69,83	10,76
595,20	406,52	381,83	251,81	176,57	68,07	10,76
597,59	407,82	381,83	250,08	176,57	69,25	10,76
597,35	408,56	381,83	252,56	176,57	68,24	10,76
602,11	409,86	381,83	249,91	176,57	75,83	10,76
603,31	410,19	381,83	251,33	176,57	79,38	10,76
605,95	411,15	381,83	264,70	176,57	78,43	10,76
608,16	411,95	381,83	237,14	176,57	73,79	10,76
603,15	411,72	381,83	248,51	176,57	72,61	10,76
600,05	411,97	381,83	249,18	176,57	64,38	10,76
604,11	412,39	381,83	253,43	176,57	60,33	10,76
600,20	412,48	381,83	248,64	176,57	73,70	10,76

595,20	407,26	235,52	73,51
594,00	407,27	250,10	74,24
594,25	408,17	257,49	72,02
593,77	408,12	248,54	62,56
596,87	408,96	254,10	81,05
599,02	409,94	257,43	71,47
596,64	410,21	268,54	77,02
593,77	409,45	271,04	79,23
595,20	409,39	250,10	71,31
598,78	410,80	244,65	70,62
590,91	406,12	257,57	62,62
590,91	398,53	203,81	9,50
588,28	398,01	200,85	28,24
597,35	398,82	200,20	32,43
593,28	397,10	251,72	22,44
593,77	394,09	264,33	61,93
591,39	392,11	296,44	15,13
594,48	390,98	280,90	11,06
599,75	390,82	212,03	34,41
594,73	386,48	235,04	44,79
599,98	386,87	233,58	22,74
593,05	386,77	250,34	8,26
597,11	384,50	246,39	14,47
600,20	381,93	239,48	38,86
598,30	381,01	243,20	17,88
602,59	381,39	240,11	7,57
600,91	381,85	262,09	18,01
597,11	382,28	267,57	52,20
594,48	382,35	251,21	38,41
593,77	383,67	242,99	17,60
594,00	382,15	218,12	37,59
594,73	379,07	180,99	39,30
595,44	378,06	217,66	11,49
601,16	378,80	208,71	61,85
599,75	384,29	204,28	17,11
599,02	384,34	223,29	60,82
594,00	383,27	233,13	62,17
594,25	383,36	230,26	39,33
596,87	384,33	231,99	62,40
597,35	385,07	231,24	30,80
594,48	386,14	237,06	50,25
595,20	388,31	219,61	18,94
591,39	389,47	247,32	22,73
573,02	387,32	258,82	25,17
573,97	386,26	243,24	22,76
559,91	385,74	192,56	14,47
557,27	384,46	193,13	63,60
563,00	384,48	188,58	19,83
565,38	389,05	233,94	44,73
581,85	393,16	240,50	61,97
586,37	395,39	229,94	50,88
602,11	397,78	240,23	55,87
599,98	398,85	236,53	56,85
594,25	399,01	232,72	65,36

599,98	412,34	381,83	245,86	176,57	76,28	10,76
598,86	412,71	381,83	247,03	176,57	77,80	10,76
604,11	413,03	381,83	246,82	176,57	78,26	10,76
598,62	413,16	381,83	250,30	176,57	78,12	10,76
598,62	414,03	381,83	238,44	176,57	73,61	10,76
599,82	414,39	381,83	243,97	176,57	73,60	10,76
603,86	414,44	381,83	222,40	176,57	74,15	10,76
602,91	415,47	381,83	241,99	176,57	74,43	10,76
599,10	415,90	381,83	255,46	176,57	78,44	10,76
604,02	416,46	381,83	238,37	176,57	73,95	10,76
593,77	416,62	381,83	250,76	176,57	81,31	10,76
594,48	415,93	381,83	237,79	176,57	78,83	10,76
590,19	415,16	381,83	239,92	176,57	76,20	10,76
591,87	415,07	381,83	240,48	176,57	75,35	10,76
591,94	415,35	381,83	245,69	176,57	74,69	10,76
591,71	415,81	381,83	230,92	176,57	73,34	10,76
589,80	416,63	381,83	247,98	176,57	71,11	10,76
601,72	418,90	381,83	237,61	176,57	81,79	10,76
601,02	419,70	381,83	222,60	176,57	76,01	10,76
601,72	419,71	381,83	233,98	176,57	72,31	10,76
597,91	419,39	381,83	226,52	176,57	83,17	10,76
601,88	420,28	381,83	223,79	176,57	79,00	10,76
603,55	420,21	381,83	230,99	176,57	76,26	10,76
602,43	419,40	381,83	212,19	176,57	73,77	10,76
600,77	420,62	381,83	242,33	176,57	83,48	10,76
601,02	420,94	381,83	231,90	176,57	73,41	10,76
593,84	416,62	381,83	224,27	176,57	69,42	10,76
592,57	410,43	381,83	252,90	176,57	47,46	10,76
586,69	407,78	381,83	259,69	176,57	17,60	10,76
589,55	407,35	381,83	283,15	176,57	15,88	10,76
592,91	408,03	381,83	253,64	176,57	64,25	10,76
592,34	408,60	381,83	270,51	176,57	60,56	10,76
591,71	410,34	381,83	264,43	176,57	61,39	10,76
594,09	412,18	381,83	265,94	176,57	59,07	10,76
595,91	414,64	381,83	267,24	176,57	29,25	10,76
600,45	416,80	381,83	264,33	176,57	42,07	10,76
597,35	418,17	381,83	264,17	176,57	47,61	10,76
596,16	418,10	381,83	263,63	176,57	68,82	10,76
596,95	419,21	381,83	264,59	176,57	50,59	10,76
589,71	417,21	381,83	215,87	176,57	56,54	10,76
591,87	408,86	381,83	249,58	176,57	51,49	10,76
589,32	400,22	381,83	237,51	176,57	19,32	10,76
592,57	394,24	381,83	231,29	176,57	54,38	10,76
597,35	391,45	381,83	236,06	176,57	58,07	10,76
594,96	391,29	381,83	246,12	176,57	49,63	10,76
587,80	393,02	381,83	265,91	176,57	23,08	10,76
594,00	397,76	381,83	262,32	176,57	0,00	10,76
594,25	398,95	381,83	285,37	176,57	8,91	10,76
597,84	401,55	381,83	264,41	176,57	57,70	10,76
589,07	399,13	381,83	211,33	176,57	22,41	10,76
574,69	390,35	381,83	208,78	176,57	10,83	10,76
575,65	388,79	381,83	240,69	176,57	7,73	10,76
575,88	387,08	381,83	232,70	176,57	10,89	10,76
576,83	386,05	381,83	257,52	176,57	15,53	10,76

603,86	401,37	244,87	71,92
580,42	397,66	232,58	41,45
574,04	395,52	231,32	56,97
553,45	390,65	180,25	54,58
561,63	391,53	169,78	57,31
557,03	392,33	224,26	42,09
584,24	400,08	229,70	31,25
581,60	401,10	227,49	58,81
598,07	406,46	252,44	63,60
593,77	407,15	255,05	63,76
594,96	406,13	246,29	65,12
594,25	408,13	260,62	63,90
596,64	407,65	249,47	63,42
602,36	407,02	243,72	71,07
588,53	406,74	252,33	73,50
592,10	406,96	271,42	72,44
593,05	407,12	263,84	71,81
599,98	408,16	264,87	70,63
602,36	408,59	264,77	72,30
595,68	407,61	261,09	63,34
592,10	406,55	243,58	52,79
592,80	407,53	239,87	64,97
594,00	408,76	250,81	64,91
592,34	408,97	209,44	65,36
575,17	405,03	252,50	42,60
570,86	405,62	236,43	50,30
576,83	406,91	243,09	62,61
579,22	407,44	235,49	58,32
580,42	408,98	238,42	62,08
590,26	412,82	245,05	63,20
598,14	413,93	261,41	70,12
595,27	414,88	256,79	71,58
596,00	414,49	253,35	73,88
597,66	415,42	267,04	71,20
595,52	416,30	245,29	63,41
600,77	416,81	254,00	71,51
594,09	416,19	254,97	63,51
599,02	418,91	249,33	71,02
599,02	419,37	270,22	71,56
593,14	418,71	280,06	80,51
592,18	418,72	273,50	70,59
592,18	420,09	272,84	63,26
595,52	414,46	277,67	69,10
591,15	414,05	282,91	55,43
576,44	411,87	268,34	47,20
590,99	414,52	283,51	70,41
596,16	414,86	286,23	66,68
597,66	414,46	255,48	61,36
591,94	411,73	244,71	44,96
594,55	410,07	257,34	39,73
594,80	407,97	258,98	15,80
592,66	402,47	270,32	33,98
587,80	399,09	243,37	35,04
582,56	395,99	310,29	7,88

577,78	385,34	381,83	191,51	176,57	16,52	10,76
579,69	382,93	381,83	181,50	176,57	22,57	10,76
578,26	382,59	381,83	195,30	176,57	34,44	10,76
581,13	383,16	381,83	195,85	176,57	20,41	10,76
583,53	383,75	381,83	198,44	176,57	61,76	10,76
578,49	391,25	381,83	228,30	176,57	11,96	10,76
580,65	392,57	381,83	210,33	176,57	7,96	10,76
560,62	382,76	381,83	151,35	176,57	18,35	10,76
552,26	376,68	381,83	215,78	176,57	40,71	10,76
558,23	377,44	381,83	146,81	176,57	17,64	10,76
556,55	379,36	381,83	172,02	176,57	11,54	10,76
552,96	381,39	381,83	172,71	176,57	62,67	10,76
554,64	390,15	381,83	171,14	176,57	30,84	10,76
558,95	392,10	381,83	176,58	176,57	54,19	10,76
558,46	394,56	381,83	193,47	176,57	62,47	10,76
554,41	394,99	381,83	199,87	176,57	58,69	10,76
585,66	402,89	381,83	204,63	176,57	32,41	10,76
582,33	404,43	381,83	221,58	176,57	43,73	10,76
581,37	408,19	381,83	229,56	176,57	12,90	10,76
579,94	406,42	381,83	210,81	176,57	0,00	10,76
551,32	396,49	381,83	154,21	176,57	32,18	10,76
568,02	403,42	381,83	179,40	176,57	63,35	10,76
582,08	408,52	381,83	228,09	176,57	20,19	10,76
596,16	412,75	381,83	227,28	176,57	61,56	10,76
597,59	415,93	381,83	248,32	176,57	18,18	10,76
596,39	416,59	381,83	239,37	176,57	60,46	10,76
597,18	416,14	381,83	246,87	176,57	26,98	10,76
590,19	414,59	381,83	256,76	176,57	62,28	10,76
590,99	414,64	381,83	232,82	176,57	51,73	10,76
596,16	415,29	381,83	219,35	176,57	53,83	10,76
592,91	415,89	381,83	219,75	176,57	55,37	10,76
596,95	417,03	381,83	220,25	176,57	37,00	10,76
596,46	417,34	381,83	218,94	176,57	60,65	10,76
592,66	417,27	381,83	203,01	176,57	63,34	10,76
584,31	417,62	381,83	212,00	176,57	18,22	10,76
590,26	416,84	381,83	239,62	176,57	43,49	10,76
591,23	417,78	381,83	216,84	176,57	68,51	10,76
596,46	419,03	381,83	217,43	176,57	61,47	10,76
597,43	420,66	381,83	238,41	176,57	64,58	10,76
590,51	422,15	381,83	235,46	176,57	38,75	10,76
600,29	421,90	381,83	237,55	176,57	21,69	10,76
594,80	420,49	381,83	215,18	176,57	62,83	10,76
594,32	419,18	381,83	210,48	176,57	20,76	10,76
595,52	419,00	381,83	209,25	176,57	51,19	10,76
592,34	419,13	381,83	215,53	176,57	62,38	10,76
590,91	418,63	381,83	226,37	176,57	59,45	10,76
590,03	418,90	381,83	202,39	176,57	22,13	10,76
591,94	419,26	381,83	203,26	176,57	49,06	10,76
590,91	420,05	381,83	221,90	176,57	71,82	10,76
603,63	423,11	381,83	228,39	176,57	50,64	10,76
595,03	421,47	381,83	212,38	176,57	36,55	10,76
592,80	421,98	381,83	212,58	176,57	72,03	10,76
598,38	423,38	381,83	229,79	176,57	53,00	10,76
598,38	423,97	381,83	215,80	176,57	40,83	10,76

592,57	394,58	264,82	49,93
594,32	395,24	275,22	51,47
601,64	396,83	283,76	62,80
601,88	397,97	290,44	59,67
596,64	398,78	297,60	33,83
596,16	399,48	273,75	16,30
593,28	397,04	271,06	18,84
592,80	396,44	279,99	19,16
591,64	395,74	274,18	19,98
592,34	395,42	298,52	19,29
592,34	391,42	283,05	5,28
588,53	390,54	269,02	20,01
582,80	387,09	272,58	13,99
591,39	387,10	233,62	61,80
594,73	387,98	246,05	24,40
592,57	390,37	247,86	58,68
588,28	392,38	248,40	25,07
590,75	391,11	248,72	60,65
575,41	387,05	249,81	21,88
576,13	389,96	234,58	61,16
553,77	377,35	251,28	36,09
555,84	378,36	259,58	19,95
558,71	380,53	248,98	22,55
563,00	388,60	275,70	62,70
554,64	384,18	264,21	22,13
576,83	389,13	268,24	65,57
569,67	387,86	260,31	15,76
564,18	386,60	246,83	56,63
564,18	386,54	240,36	33,10
570,38	388,30	269,28	26,45
577,06	389,98	254,87	63,85
590,67	394,41	272,67	62,41
592,34	396,46	252,27	49,95
585,89	395,34	274,14	63,01
584,24	395,91	277,53	60,77
594,25	396,86	262,27	53,92
588,28	397,03	258,91	55,81
593,53	397,82	272,92	56,83
593,77	398,30	252,25	55,93
590,91	398,38	253,75	48,70
593,05	399,63	263,23	51,70
591,64	400,26	264,53	46,22
589,96	400,00	274,93	56,32
593,05	400,85	256,65	59,44
594,25	401,77	267,07	55,36
588,28	401,91	265,80	55,57
596,39	403,01	269,83	65,09
596,39	402,95	268,43	66,23
595,68	403,79	260,22	73,61
593,77	402,99	260,74	47,86
592,34	403,94	270,58	43,50
590,91	404,13	266,98	46,71
594,73	405,78	279,16	63,29
593,05	405,30	266,85	61,43

595,03	425,87	381,83	208,82	176,57	30,25	10,76
594,55	426,19	381,83	204,85	176,57	39,79	10,76
597,91	426,65	381,83	217,81	176,57	56,92	10,76
595,75	427,78	381,83	215,95	176,57	59,97	10,76
593,36	427,73	381,83	222,87	176,57	64,24	10,76
589,32	427,27	381,83	207,37	176,57	58,03	10,76
590,03	427,68	381,83	224,04	176,57	54,78	10,76
594,32	427,83	381,83	220,00	176,57	49,50	10,76
594,32	429,02	381,83	211,30	176,57	54,54	10,76
585,49	428,34	381,83	225,36	176,57	60,31	10,76
597,66	428,63	381,83	219,09	176,57	68,79	10,76
598,14	429,31	381,83	225,73	176,57	61,72	10,76
595,91	430,86	381,83	239,23	176,57	73,79	10,76
596,16	430,66	381,83	224,97	176,57	67,39	10,76
598,07	431,10	381,83	225,31	176,57	63,11	10,76
591,94	431,36	381,83	231,12	176,57	55,28	10,76
597,11	431,39	381,83	198,72	176,57	67,33	10,76
600,68	424,52	381,83	218,54	176,57	45,74	10,76
598,78	413,08	381,83	216,59	176,57	59,90	10,76
590,19	408,21	381,83	234,59	176,57	59,08	10,76
593,05	401,17	381,83	231,49	176,57	13,68	10,76
594,96	397,01	381,83	243,37	176,57	26,98	10,76
589,32	396,84	381,83	235,38	176,57	60,15	10,76
592,57	397,08	381,83	249,78	176,57	19,70	10,76
589,96	398,14	381,83	213,95	176,57	32,86	10,76
595,20	404,71	381,83	233,50	176,57	27,96	10,76
592,80	405,58	381,83	236,91	176,57	62,15	10,76
600,20	407,86	381,83	230,42	176,57	16,22	10,76
604,34	409,60	381,83	218,40	176,57	23,24	10,76
602,11	396,90	381,83	221,17	176,57	20,56	10,76
604,27	396,14	381,83	206,18	176,57	9,50	10,76
603,86	393,47	381,83	237,01	176,57	58,59	10,76
598,55	390,78	381,83	228,09	176,57	14,38	10,76
599,98	389,49	381,83	206,45	176,57	57,38	10,76
597,91	387,01	381,83	180,04	176,57	60,53	10,76
597,59	385,00	381,83	168,59	176,57	29,60	10,76
599,10	384,54	381,83	177,43	176,57	10,13	10,76
599,27	384,93	381,83	180,12	176,57	59,80	10,76
573,74	380,37	381,83	166,79	176,57	51,00	10,76
596,64	386,76	381,83	209,46	176,57	17,03	10,76
603,79	397,35	381,83	184,97	176,57	29,80	10,76
602,84	396,25	381,83	205,20	176,57	46,47	10,76
584,69	390,24	381,83	191,76	176,57	59,99	10,76
560,68	370,43	381,83	179,57	176,57	59,60	10,76
567,54	372,30	381,83	195,82	176,57	12,36	10,76
555,60	371,74	381,83	178,84	176,57	37,98	10,76
588,28	378,57	381,83	213,89	176,57	20,20	10,76
608,56	383,79	381,83	211,89	176,57	32,26	10,76
604,11	385,29	381,83	206,81	176,57	39,94	10,76
592,10	385,68	381,83	227,49	176,57	20,82	10,76
597,91	386,77	381,83	216,96	176,57	17,39	10,76
590,99	386,88	381,83	208,93	176,57	11,86	10,76
554,64	382,14	381,83	166,62	176,57	9,75	10,76
578,49	383,06	381,83	185,53	176,57	55,55	10,76

592,34	406,37	272,12	63,73
586,37	404,75	275,99	60,93
594,73	406,75	251,30	65,26
595,20	406,07	228,62	47,50
593,77	400,16	240,32	61,80
592,10	393,19	250,15	8,19
587,08	392,10	291,94	62,21
589,96	390,54	283,54	22,84
598,78	388,13	253,63	62,62
596,64	389,13	274,49	17,84
593,28	390,31	278,57	12,51
590,19	389,70	259,93	62,84
595,68	390,76	247,93	58,96
590,91	390,08	261,33	51,93
592,57	390,85	257,59	61,57
595,20	392,30	257,61	61,31
592,80	392,37	258,45	56,19
592,10	393,68	266,44	63,32
599,50	395,03	275,20	63,11
597,11	394,95	252,50	63,04
595,52	395,79	277,58	63,39
591,15	395,34	256,02	58,89
594,25	396,46	256,30	65,37
588,05	396,70	265,12	48,82
587,89	397,56	261,66	53,82
592,57	398,31	259,23	63,73
575,41	395,05	239,87	53,07
577,06	395,66	254,49	53,53
577,31	397,14	258,47	56,34
578,97	398,25	251,42	51,07
579,22	398,59	218,58	62,99
572,06	390,55	250,87	44,72
554,41	381,78	205,04	20,20
550,43	373,39	218,89	13,13
556,55	409,17	219,27	11,33
595,91	413,71	233,65	15,13
604,98	410,56	257,09	10,43
595,20	407,80	262,39	15,91
600,20	409,33	267,31	13,50
599,50	402,06	253,85	39,58
598,07	401,77	228,25	0,00
596,39	396,05	200,59	15,69
597,84	393,43	234,37	18,94
601,88	391,86	218,02	20,35
602,36	389,61	226,37	16,41
599,75	387,46	192,09	17,67
599,50	387,53	190,63	9,57
598,55	387,16	215,16	19,04
565,47	380,92	172,55	42,14
564,02	392,84	247,94	51,12
598,78	401,05	265,88	70,92
595,91	401,49	257,55	59,31
589,48	401,34	283,56	49,25
588,05	401,65	250,28	49,78

585,42	386,80	381,83	178,56	176,57	12,26	10,76
594,96	390,89	381,83	227,73	176,57	55,79	10,76
601,88	393,83	381,83	217,18	176,57	70,42	10,76
603,79	395,35	381,83	228,99	176,57	17,98	10,76
601,64	394,81	381,83	227,88	176,57	23,66	10,76
597,35	394,92	381,83	200,73	176,57	61,41	10,76
592,80	395,44	381,83	218,77	176,57	18,21	10,76
596,39	394,93	381,83	203,02	176,57	12,66	10,76
597,59	394,70	381,83	213,09	176,57	37,44	10,76
593,28	395,25	381,83	221,45	176,57	60,68	10,76
593,28	395,31	381,83	224,00	176,57	60,09	10,76
596,39	396,09	381,83	199,02	176,57	16,78	10,76
597,35	396,46	381,83	216,15	176,57	61,82	10,76
594,96	396,21	381,83	213,35	176,57	19,64	10,76
598,30	396,81	381,83	190,52	176,57	63,81	10,76
601,88	398,47	381,83	225,33	176,57	60,79	10,76
604,50	398,60	381,83	190,78	176,57	35,87	10,76
599,98	398,45	381,83	230,63	176,57	62,77	10,76
601,02	398,99	381,83	216,85	176,57	22,68	10,76
602,11	399,14	381,83	224,55	176,57	56,33	10,76
571,58	392,56	381,83	209,47	176,57	19,55	10,76
579,05	390,95	381,83	186,79	176,57	24,87	10,76
585,01	392,73	381,83	210,02	176,57	37,05	10,76
595,75	398,88	381,83	226,69	176,57	59,22	10,76
598,38	399,66	381,83	227,10	176,57	38,79	10,76
596,95	398,84	381,83	219,26	176,57	19,77	10,76
591,46	399,04	381,83	207,96	176,57	63,80	10,76
596,00	399,39	381,83	200,25	176,57	63,26	10,76
595,03	399,42	381,83	220,52	176,57	63,02	10,76
596,87	400,49	381,83	222,49	176,57	26,49	10,76
600,29	401,28	381,83	221,65	176,57	41,76	10,76
600,20	403,17	381,83	226,51	176,57	61,85	10,76
602,91	404,03	381,83	219,93	176,57	38,68	10,76
597,18	402,78	381,83	210,34	176,57	23,40	10,76
597,43	403,35	381,83	211,76	176,57	63,42	10,76
599,10	403,77	381,83	224,29	176,57	63,03	10,76
597,91	404,31	381,83	222,66	176,57	36,21	10,76
597,35	403,94	381,83	214,25	176,57	63,72	10,76
601,02	403,76	381,83	204,54	176,57	63,18	10,76
595,27	404,35	381,83	214,54	176,57	24,90	10,76
587,57	403,99	381,83	226,37	176,57	59,03	10,76
593,77	404,52	381,83	236,04	176,57	31,79	10,76
595,91	405,41	381,83	212,08	176,57	58,60	10,76
593,53	405,20	381,83	216,69	176,57	69,51	10,76
596,16	406,65	381,83	234,50	176,57	42,49	10,76
596,39	406,76	381,83	232,91	176,57	71,31	10,76
596,16	407,79	381,83	238,80	176,57	38,72	10,76
594,48	408,78	381,83	237,27	176,57	55,37	10,76
591,71	409,26	381,83	249,38	176,57	34,35	10,76
597,11	409,62	381,83	226,71	176,57	64,54	10,76
601,64	410,15	381,83	231,24	176,57	51,55	10,76
596,46	410,09	381,83	220,01	176,57	47,81	10,76
590,44	408,37	381,83	235,59	176,57	55,11	10,76
595,44	409,24	381,83	235,56	176,57	68,73	10,76

589,96	401,71	246,80	45,21
591,64	403,37	249,93	60,40
589,71	403,69	253,63	50,90
591,39	404,08	235,16	57,04
590,91	404,67	252,63	50,00
597,35	405,73	197,46	45,25
595,91	406,96	246,11	65,34
605,22	408,30	248,25	70,86
602,59	409,41	240,07	64,01
605,46	410,02	223,27	71,23
602,59	409,63	244,77	71,06
595,91	409,93	252,72	71,11
598,30	410,93	248,71	64,78
595,91	410,80	254,25	71,98
595,91	412,39	244,05	63,89
594,48	411,56	252,72	72,25
595,20	412,61	246,64	71,38
600,68	413,84	250,28	70,38
596,64	413,99	248,91	71,34
595,91	414,18	267,05	72,25
600,91	415,38	266,06	77,60
602,84	415,59	247,93	72,71
596,39	415,37	247,03	70,34
599,50	416,19	263,67	74,50
597,59	416,76	241,17	70,85
600,45	417,03	251,64	72,25
591,39	415,47	236,03	70,16
594,00	415,87	239,21	72,17
589,48	415,45	235,66	70,78
588,05	415,68	249,89	71,47
588,05	416,55	225,04	71,98
593,77	417,92	230,31	70,26
595,44	418,35	231,92	80,50
596,64	418,00	234,61	80,10
593,28	418,26	236,85	72,77
593,53	419,03	230,82	77,14
591,87	419,74	237,89	78,95
597,11	419,81	233,30	73,91
600,29	420,09	186,35	70,42
590,91	412,81	190,82	12,46
590,44	402,98	208,81	36,46
589,48	398,99	193,25	45,02
590,44	392,11	234,87	20,50
587,33	388,43	291,94	63,63
591,64	387,41	241,45	20,56
591,64	387,11	229,40	25,62
597,18	387,86	227,94	41,41
591,94	388,64	242,56	55,93
589,71	390,26	250,58	51,57
592,10	396,22	236,16	36,38
595,68	399,03	254,37	38,60
595,75	400,29	242,16	55,58
595,03	401,34	240,30	40,62
593,77	402,09	238,33	34,01

593,28	409,03	381,83	248,78	176,57	46,46	10,76
594,48	409,16	381,83	219,93	176,57	54,44	10,76
596,87	409,70	381,83	216,90	176,57	71,39	10,76
589,24	409,14	381,83	225,93	176,57	32,48	10,76
591,39	409,16	381,83	222,77	176,57	51,62	10,76
590,44	409,81	381,83	228,85	176,57	52,44	10,76
591,87	410,57	381,83	235,28	176,57	68,25	10,76
587,57	410,70	381,83	241,06	176,57	67,79	10,76
593,05	411,77	381,83	231,44	176,57	54,74	10,76
594,96	410,98	381,83	192,58	176,57	16,22	10,76
589,48	407,38	381,83	188,15	176,57	66,20	10,76
579,46	402,58	381,83	169,42	176,57	20,32	10,76
577,31	401,61	381,83	191,87	176,57	23,94	10,76
573,97	394,59	381,83	207,19	176,57	17,70	10,76
580,17	392,30	381,83	227,30	176,57	12,94	10,76
577,78	391,50	381,83	232,23	176,57	19,64	10,76
582,80	390,81	381,83	258,43	176,57	15,49	10,76
582,56	389,03	381,83	201,11	176,57	0,00	10,76
555,36	381,93	381,83	176,25	176,57	0,00	10,76
566,11	375,99	381,83	177,89	176,57	17,67	10,76
575,65	378,68	381,83	211,01	176,57	10,49	10,76
575,41	379,90	381,83	221,21	176,57	12,01	10,76
569,92	378,95	381,83	190,06	176,57	13,82	10,76
567,54	373,61	381,83	159,11	176,57	23,22	10,76
564,43	372,21	381,83	146,54	176,57	39,70	10,76
561,32	372,59	381,83	140,09	176,57	7,23	10,76
555,60	370,25	381,83	134,90	176,57	18,25	10,76
551,80	369,87	381,83	129,32	176,57	20,44	10,76
575,49	376,28	381,83	172,90	176,57	12,41	10,76
578,49	379,52	381,83	167,48	176,57	35,44	10,76
577,78	386,13	381,83	163,96	176,57	19,89	10,76
575,88	386,00	381,83	156,24	176,57	15,96	10,76
576,83	386,09	381,83	163,12	176,57	0,00	10,76
581,37	387,23	381,83	162,23	176,57	34,10	10,76
575,41	387,05	381,83	147,52	176,57	50,52	10,76
578,97	387,62	381,83	210,01	176,57	4,53	10,76
604,75	394,05	381,83	180,26	176,57	63,55	10,76
597,11	395,75	381,83	193,92	176,57	24,68	10,76
600,45	396,88	381,83	191,15	176,57	21,88	10,76
597,11	397,48	381,83	186,58	176,57	47,98	10,76
590,67	397,90	381,83	204,25	176,57	7,88	10,76
594,73	398,24	381,83	195,04	176,57	10,89	10,76
597,59	398,51	381,83	194,94	176,57	39,72	10,76
597,84	398,99	381,83	199,68	176,57	41,56	10,76
596,39	399,14	381,83	195,13	176,57	55,50	10,76
599,75	399,47	381,83	195,98	176,57	9,38	10,76
594,48	400,76	381,83	195,94	176,57	12,41	10,76
592,66	400,34	381,83	183,19	176,57	52,21	10,76
589,48	400,19	381,83	200,07	176,57	48,33	10,76
598,55	399,86	381,83	193,51	176,57	57,48	10,76
596,64	401,55	381,83	209,17	176,57	13,36	10,76
599,50	401,80	381,83	210,02	176,57	7,48	10,76
594,96	402,28	381,83	190,94	176,57	8,26	10,76
587,80	402,01	381,83	193,06	176,57	17,67	10,76

590,99	402,76	241,44	50,55
598,07	404,13	207,27	33,32
593,53	401,01	212,59	11,33
596,95	397,94	235,49	28,24
596,64	393,29	237,15	21,12
597,91	390,27	234,30	19,55
595,75	387,32	234,60	13,72
584,07	383,43	189,28	19,61
579,05	378,64	114,87	48,89
579,05	377,03	174,33	17,21
578,97	378,19	181,93	17,95
550,35	370,13	195,13	25,22
587,41	394,82	206,97	21,52
582,88	395,77	214,50	30,68
581,21	396,99	217,44	62,47
579,78	399,40	214,37	34,37
579,05	399,37	214,41	53,81
574,29	399,62	206,58	63,60
573,33	400,09	200,31	29,95
577,85	400,96	224,29	60,37
600,29	406,00	225,39	45,77
599,57	407,53	249,63	56,52
597,66	409,51	251,06	59,33
600,29	409,98	235,08	49,27
600,29	410,83	216,56	35,34
600,91	411,44	233,57	61,40
595,20	411,64	237,29	47,86
594,55	413,17	243,55	50,92
594,96	414,51	242,50	57,37
596,87	414,48	238,30	54,72
597,59	415,38	243,54	55,87
600,91	416,43	245,81	56,31
598,07	416,25	229,48	54,11
600,68	417,58	225,16	57,98
600,91	418,05	224,64	50,61
603,31	418,33	212,78	55,86
599,75	418,61	241,27	53,98
605,70	419,48	211,09	55,81
605,46	419,21	229,13	67,13
603,07	418,92	228,37	65,25
599,50	419,29	220,59	54,56
593,36	418,98	216,75	46,77
596,00	419,21	195,87	55,02
597,59	420,14	176,00	56,66
600,77	420,32	226,08	45,00
597,18	421,04	222,31	51,75
599,82	421,81	218,42	60,68
599,82	422,69	225,90	69,48
597,91	423,57	240,17	62,01
602,91	422,99	233,32	61,04
599,34	422,97	224,07	50,77
597,43	423,86	245,51	54,40
600,29	424,33	221,45	54,69
599,10	424,86	241,07	62,46

593,28	402,75	381,83	195,28	176,57	52,56	10,76
590,91	403,16	381,83	204,70	176,57	8,34	10,76
595,20	404,62	381,83	204,45	176,57	44,93	10,76
595,68	405,34	381,83	217,20	176,57	59,45	10,76
595,68	405,72	381,83	211,08	176,57	23,43	10,76
607,22	407,63	381,83	239,82	176,57	37,38	10,76
600,91	407,26	381,83	211,87	176,57	59,27	10,76
595,20	406,87	381,83	223,75	176,57	32,52	10,76
596,39	406,84	381,83	212,53	176,57	9,50	10,76
594,96	406,82	381,83	211,59	176,57	9,18	10,76
589,48	406,56	381,83	207,61	176,57	43,06	10,76
591,39	407,33	381,83	210,86	176,57	61,32	10,76
591,64	406,87	381,83	216,52	176,57	52,10	10,76
596,64	406,77	381,83	193,43	176,57	8,97	10,76
591,39	407,81	381,83	219,67	176,57	13,41	10,76
600,91	408,84	381,83	222,05	176,57	19,07	10,76
599,27	409,70	381,83	209,09	176,57	51,98	10,76
601,16	410,28	381,83	222,98	176,57	71,87	10,76
597,11	411,10	381,83	208,47	176,57	55,73	10,76
595,03	410,93	381,83	209,31	176,57	26,12	10,76
600,77	410,81	381,83	208,68	176,57	15,65	10,76
592,34	410,98	381,83	242,57	176,57	18,55	10,76
597,59	410,30	381,83	222,30	176,57	51,35	10,76
597,84	410,42	381,83	201,83	176,57	61,26	10,76
591,87	411,14	381,83	192,16	176,57	62,34	10,76
592,66	411,71	381,83	216,17	176,57	17,88	10,76
591,15	412,40	381,83	218,98	176,57	12,46	10,76
591,15	412,29	381,83	240,08	176,57	20,16	10,76
592,80	412,58	381,83	231,54	176,57	67,26	10,76
592,34	413,05	381,83	202,67	176,57	50,61	10,76
591,64	412,86	381,83	213,54	176,57	16,52	10,76
596,00	413,34	381,83	211,14	176,57	45,32	10,76
591,87	414,40	381,83	235,07	176,57	63,33	10,76
587,80	414,51	381,83	225,96	176,57	15,17	10,76
578,49	410,88	381,83	216,16	176,57	9,31	10,76
577,06	410,98	381,83	212,88	176,57	12,51	10,76
565,15	407,12	381,83	168,58	176,57	60,45	10,76
563,95	406,61	381,83	188,82	176,57	22,11	10,76
566,34	407,06	381,83	178,22	176,57	12,80	10,76
558,78	384,06	381,83	171,78	176,57	65,01	10,76
588,84	392,79	381,83	166,12	176,57	39,22	10,76
584,79	390,20	381,83	176,46	176,57	13,77	10,76
583,83	387,34	381,83	157,13	176,57	59,50	10,76
589,00	394,54	381,83	181,45	176,57	22,57	10,76
601,72	396,92	381,83	162,40	176,57	57,59	10,76
596,64	397,83	381,83	169,97	176,57	58,73	10,76
595,27	399,36	381,83	178,13	176,57	63,47	10,76
601,95	398,72	381,83	162,95	176,57	60,02	10,76
592,18	398,72	381,83	155,05	176,57	39,75	10,76
595,27	398,70	381,83	123,67	176,57	58,81	10,76
591,46	399,00	381,83	140,15	176,57	33,98	10,76
594,32	399,31	381,83	160,38	176,57	63,95	10,76
573,02	393,62	381,83	139,55	176,57	60,36	10,76
576,68	394,70	381,83	137,66	176,57	53,94	10,76

605,06	426,04	216,24	63,84
601,95	425,56	232,40	62,65
604,57	425,87	212,72	61,67
595,03	425,88	242,54	42,17
601,95	426,41	224,98	65,25
601,48	426,73	220,67	64,59
602,43	427,73	231,57	65,01
602,43	427,72	222,66	62,00
599,82	427,41	232,24	62,85
597,91	426,98	212,08	46,35
602,59	428,35	232,89	70,33
602,20	428,23	217,12	72,30
601,48	428,46	219,68	64,94
597,66	427,76	215,84	51,68
596,23	428,06	218,96	64,87
598,38	427,65	213,35	52,34
596,00	428,31	221,03	54,24
596,46	428,25	218,96	60,22
604,82	430,46	225,21	72,50
600,77	430,03	222,46	70,68
599,10	430,96	211,62	63,76
602,91	431,51	223,91	73,39
600,53	430,85	217,91	71,36
599,98	430,66	224,84	65,09
599,10	430,45	220,84	61,88
601,95	430,31	214,05	65,44
595,52	430,05	207,94	64,10
597,59	430,99	197,74	63,36
601,64	428,03	248,77	41,36
599,98	416,97	224,13	60,71
603,63	411,39	237,19	7,65
595,20	409,13	239,74	60,37
595,68	398,30	241,43	14,25
598,30	395,62	220,89	58,73
595,75	391,65	186,54	45,97
598,55	392,28	216,43	28,61
598,07	391,02	225,87	63,54
578,81	386,10	196,02	31,21
563,47	382,89	219,31	5,61
550,12	375,59	205,39	62,67
592,10	395,67	262,16	16,22
599,98	397,41	213,62	47,53
592,57	390,02	246,19	62,25
590,67	381,14	269,55	62,90
596,16	382,45	246,37	18,91
592,10	383,47	281,91	27,45
597,84	385,38	255,92	41,54
599,98	386,57	226,71	42,66
605,22	388,30	249,15	58,99
599,98	390,67	219,21	43,87
596,64	390,01	247,97	25,65
594,96	389,19	244,32	33,52
589,71	388,68	252,35	45,91
590,67	389,39	214,68	63,23

556,63	389,07	381,83	139,81	176,57	29,29	10,76
570,22	382,86	381,83	184,06	176,57	59,19	10,76
604,57	397,01	381,83	175,33	176,57	54,93	10,76
598,86	396,20	381,83	177,93	176,57	47,41	10,76
600,53	393,59	381,83	171,87	176,57	56,62	10,76
580,72	389,76	381,83	171,29	176,57	58,05	10,76
571,18	384,57	381,83	152,74	176,57	65,83	10,76
560,68	374,76	381,83	187,94	176,57	9,18	10,76
555,20	375,40	381,83	192,08	176,57	58,20	10,76
578,81	378,71	381,83	194,84	176,57	31,21	10,76
601,95	386,67	381,83	229,23	176,57	58,51	10,76
598,86	390,41	381,83	245,51	176,57	64,74	10,76
602,91	393,00	381,83	238,09	176,57	63,65	10,76
599,34	393,19	381,83	229,02	176,57	64,52	10,76
607,68	394,61	381,83	200,79	176,57	63,71	10,76
605,30	394,48	381,83	221,88	176,57	62,90	10,76
603,86	399,87	381,83	211,10	176,57	65,27	10,76
600,05	401,92	381,83	222,89	176,57	64,58	10,76
596,00	401,53	381,83	210,43	176,57	55,69	10,76
587,64	401,93	381,83	196,91	176,57	57,05	10,76
600,91	402,30	381,83	210,12	176,57	65,43	10,76
590,75	403,51	381,83	222,36	176,57	62,08	10,76
589,71	403,20	381,83	245,51	176,57	64,77	10,76
596,00	404,27	381,83	218,34	176,57	65,28	10,76
592,57	404,86	381,83	233,15	176,57	65,40	10,76
597,59	406,42	381,83	252,46	176,57	63,68	10,76
596,39	406,72	381,83	246,91	176,57	61,03	10,76
591,64	407,69	381,83	249,49	176,57	57,63	10,76
596,16	409,08	381,83	250,67	176,57	62,24	10,76
599,75	410,63	381,83	252,30	176,57	64,14	10,76
599,02	411,05	381,83	243,41	176,57	65,67	10,76
597,35	410,47	381,83	222,36	176,57	62,79	10,76
594,73	406,35	381,83	244,84	176,57	57,26	10,76
596,46	397,61	381,83	238,62	176,57	55,11	10,76
591,87	393,85	381,83	231,43	176,57	56,83	10,76
594,48	391,82	381,83	230,73	176,57	30,09	10,76
594,00	390,47	381,83	237,46	176,57	52,79	10,76
596,64	389,28	381,83	242,97	176,57	55,89	10,76
594,96	386,83	381,83	219,24	176,57	15,29	10,76
589,07	386,78	381,83	222,06	176,57	49,45	10,76
587,16	385,94	381,83	275,72	176,57	16,85	10,76
590,19	384,72	381,83	226,54	176,57	57,80	10,76
587,08	384,78	381,83	229,05	176,57	19,67	10,76
593,05	383,99	381,83	185,60	176,57	60,95	10,76
594,25	382,27	381,83	192,70	176,57	13,55	10,76
586,37	381,87	381,83	200,55	176,57	63,35	10,76
587,16	382,38	381,83	215,15	176,57	63,47	10,76
594,55	384,80	381,83	209,46	176,57	54,54	10,76
590,51	387,51	381,83	212,59	176,57	57,60	10,76
596,64	396,77	381,83	217,39	176,57	54,53	10,76
598,30	396,76	381,83	204,80	176,57	49,86	10,76
595,75	394,21	381,83	219,22	176,57	55,65	10,76
596,64	395,82	381,83	216,44	176,57	48,98	10,76
591,87	391,69	381,83	220,64	176,57	52,07	10,76

589,48	390,69	235,34	30,32
592,10	392,25	249,21	57,82
592,10	392,97	235,20	24,02
589,00	393,46	233,98	46,02
592,34	394,10	228,64	60,86
593,77	394,77	239,18	63,18
590,91	395,19	251,51	53,23
594,25	395,46	235,07	49,89
591,87	395,66	255,67	54,17
591,23	395,44	242,86	49,42
592,80	396,98	247,96	62,95
591,39	395,98	246,82	58,23
595,75	396,42	241,69	64,23
594,09	397,17	246,39	58,95
594,80	397,93	254,94	61,73
596,00	397,32	235,63	64,21
603,15	398,53	242,84	62,32
601,48	398,90	250,73	66,23
594,96	399,60	250,15	67,24
592,57	399,25	267,76	66,52
591,46	399,44	244,63	61,29
587,16	400,05	261,15	58,65
588,84	400,53	261,95	66,34
592,18	401,95	253,80	64,29
591,71	401,74	237,40	65,42
594,55	402,81	248,90	70,55
597,66	402,94	254,65	77,92
596,00	403,33	248,78	72,94
595,52	403,03	264,10	71,19
592,66	403,24	265,50	71,62
598,86	403,98	265,78	72,46
596,00	404,90	257,29	68,40
592,91	404,39	255,58	43,09
592,66	404,06	256,13	73,51
590,99	405,07	265,50	71,61
595,75	405,05	250,29	70,82
596,16	405,31	264,70	71,19
594,96	405,91	263,26	71,00
596,39	406,93	254,06	72,32
595,68	408,11	270,91	71,88
595,75	407,61	257,28	75,07
597,11	407,31	272,19	70,30
597,35	409,28	262,98	71,34
597,18	408,67	269,86	73,51
595,52	409,18	266,42	74,54
599,34	409,23	262,96	81,54
598,14	409,32	279,39	73,97
598,07	409,39	279,20	78,27
595,52	410,11	282,57	81,62
596,95	409,97	278,48	73,81
595,75	410,15	274,43	74,79
595,91	410,44	290,89	81,17
592,91	411,19	284,20	71,81
594,09	410,86	286,47	76,96

596,71	388,13	381,83	238,95	176,57	52,36	10,76
594,25	379,33	381,83	222,72	176,57	48,63	10,76
594,96	380,48	381,83	233,43	176,57	60,12	10,76
584,94	380,76	381,83	244,47	176,57	36,72	10,76
590,03	382,15	381,83	251,48	176,57	49,31	10,76
592,80	382,94	381,83	238,48	176,57	54,10	10,76
590,67	383,80	381,83	235,02	176,57	51,29	10,76
595,75	384,39	381,83	213,55	176,57	55,13	10,76
594,09	385,62	381,83	220,13	176,57	50,36	10,76
591,94	385,96	381,83	242,36	176,57	62,41	10,76
586,44	386,15	381,83	264,22	176,57	63,36	10,76
590,44	386,85	381,83	251,85	176,57	59,93	10,76
592,18	387,57	381,83	234,94	176,57	60,39	10,76
584,46	388,15	381,83	242,52	176,57	63,66	10,76
589,96	389,23	381,83	247,11	176,57	38,46	10,76
596,64	389,91	381,83	215,71	176,57	58,92	10,76
590,44	390,12	381,83	242,03	176,57	40,96	10,76
594,25	392,05	381,83	250,37	176,57	61,49	10,76
595,52	392,33	381,83	265,87	176,57	40,84	10,76
596,71	392,76	381,83	255,54	176,57	60,87	10,76
591,94	392,59	381,83	244,15	176,57	43,88	10,76
594,00	393,11	381,83	243,52	176,57	20,94	10,76
589,48	393,07	381,83	247,39	176,57	63,55	10,76
593,77	394,93	381,83	243,40	176,57	32,69	10,76
593,28	394,73	381,83	237,77	176,57	60,30	10,76
584,94	394,65	381,83	246,27	176,57	19,14	10,76
587,80	394,36	381,83	242,78	176,57	53,00	10,76
594,48	395,33	381,83	239,27	176,57	64,10	10,76
591,64	395,10	381,83	242,48	176,57	65,01	10,76
597,11	396,10	381,83	251,52	176,57	27,56	10,76
591,15	395,73	381,83	249,84	176,57	21,60	10,76
590,19	395,87	381,83	235,52	176,57	30,95	10,76
588,05	396,31	381,83	279,79	176,57	64,02	10,76
590,44	397,02	381,83	238,85	176,57	61,55	10,76
590,91	397,28	381,83	238,52	176,57	37,90	10,76
593,28	397,80	381,83	258,35	176,57	34,05	10,76
596,64	398,67	381,83	254,89	176,57	36,45	10,76
594,25	398,47	381,83	249,81	176,57	35,55	10,76
591,64	398,88	381,83	247,58	176,57	62,24	10,76
592,80	398,92	381,83	254,64	176,57	37,72	10,76
590,67	398,83	381,83	279,87	176,57	26,47	10,76
592,80	398,99	381,83	239,74	176,57	52,62	10,76
590,75	398,48	381,83	213,94	176,57	43,33	10,76
586,85	399,01	381,83	265,53	176,57	58,68	10,76
589,48	399,02	381,83	241,29	176,57	62,74	10,76
600,53	400,87	381,83	244,93	176,57	49,61	10,76
596,46	401,10	381,83	233,52	176,57	60,56	10,76
597,66	401,65	381,83	244,34	176,57	58,18	10,76
596,64	401,88	381,83	259,22	176,57	43,05	10,76
584,79	401,07	381,83	273,98	176,57	41,74	10,76
593,84	401,83	381,83	238,87	176,57	60,50	10,76
597,35	402,45	381,83	240,40	176,57	52,30	10,76
597,66	403,14	381,83	225,69	176,57	62,16	10,76
594,48	402,43	381,83	239,02	176,57	44,32	10,76

595,20	411,37	291,60	81,42
595,44	411,25	300,90	76,60
594,73	411,65	285,43	72,88
593,77	410,90	263,37	69,04
596,87	412,66	289,86	81,82
594,00	411,68	259,33	72,36
595,91	403,75	281,18	16,63
589,00	402,80	281,31	10,31
595,44	401,38	274,91	15,99
587,80	402,12	251,51	22,08
574,69	394,97	284,59	60,84
574,45	391,24	292,40	63,23
579,22	389,84	277,88	48,16
579,22	389,53	280,84	59,67
560,62	381,99	251,59	14,97
556,80	379,07	256,26	62,85
555,84	379,66	247,85	64,13
560,84	381,10	250,37	39,01
556,32	381,30	259,14	49,59
553,69	371,75	240,41	57,14
582,88	376,01	257,90	59,59
581,37	380,11	264,91	61,32
578,74	382,37	265,53	44,96
578,97	384,36	263,90	58,46
573,49	383,91	259,78	29,22
576,58	384,04	258,39	56,59
577,54	384,99	259,94	50,03
576,58	386,31	252,97	42,32
572,54	387,40	262,51	51,73
573,02	387,41	254,95	42,53
574,69	388,13	242,14	48,74
582,80	390,01	240,17	62,48
590,67	393,45	272,14	64,48
595,44	395,02	258,50	65,16
597,84	397,00	278,67	46,69
591,39	397,41	278,44	47,71
594,48	397,16	280,61	47,05
597,59	398,79	274,79	51,06
591,15	398,76	283,20	45,62
592,34	398,75	263,33	46,88
589,96	398,67	280,23	52,68
598,07	399,54	270,98	52,48
590,75	400,29	268,90	56,08
593,84	400,74	290,05	64,26
593,84	399,09	294,77	63,68
594,73	398,01	284,66	35,27
595,52	398,34	286,86	63,35
595,75	399,73	293,64	27,05
593,61	400,04	282,08	46,40
591,94	400,33	281,58	63,01
595,75	400,41	279,87	34,44
589,55	400,18	280,16	28,09
590,26	400,65	269,27	29,74
591,71	400,94	271,44	58,35

590,03	402,41	381,83	231,05	176,57	63,52	10,76
587,33	401,88	381,83	244,01	176,57	64,29	10,76
595,91	403,31	381,83	238,20	176,57	56,01	10,76
597,11	403,69	381,83	228,96	176,57	60,06	10,76
596,39	403,20	381,83	240,56	176,57	60,29	10,76
596,39	403,90	381,83	239,86	176,57	52,97	10,76
593,77	404,10	381,83	272,61	176,57	50,63	10,76
593,53	403,45	381,83	239,48	176,57	51,03	10,76
595,44	405,46	381,83	241,73	176,57	57,36	10,76
596,64	406,70	381,83	244,00	176,57	68,87	10,76
594,96	407,49	381,83	263,79	176,57	63,97	10,76
604,98	407,28	381,83	242,67	176,57	73,17	10,76
602,11	407,53	381,83	231,84	176,57	65,45	10,76
594,48	406,65	381,83	238,19	176,57	60,02	10,76
596,16	407,07	381,83	236,00	176,57	60,32	10,76
594,73	407,13	381,83	235,38	176,57	53,44	10,76
589,71	406,53	381,83	247,26	176,57	60,86	10,76
589,48	406,83	381,83	261,89	176,57	53,86	10,76
593,53	407,54	381,83	236,40	176,57	66,70	10,76
593,77	407,63	381,83	231,28	176,57	58,76	10,76
594,00	408,41	381,83	245,23	176,57	69,05	10,76
595,91	408,85	381,83	245,55	176,57	68,58	10,76
590,91	409,21	381,83	251,80	176,57	49,10	10,76
591,15	409,53	381,83	253,34	176,57	52,49	10,76
593,77	409,59	381,83	240,28	176,57	64,51	10,76
595,44	409,32	381,83	204,54	176,57	53,42	10,76
591,15	406,55	381,83	177,42	176,57	32,18	10,76
587,80	403,46	381,83	220,60	176,57	45,70	10,76
590,19	400,11	381,83	263,78	176,57	47,71	10,76
588,53	397,80	381,83	224,50	176,57	11,91	10,76
589,48	395,24	381,83	229,42	176,57	14,16	10,76
589,24	393,21	381,83	188,90	176,57	61,61	10,76
589,32	390,47	381,83	229,21	176,57	7,57	10,76
598,07	386,95	381,83	211,26	176,57	24,63	10,76
594,73	386,61	381,83	217,81	176,57	22,55	10,76
598,55	384,69	381,83	226,72	176,57	20,82	10,76
597,59	383,87	381,83	240,74	176,57	18,71	10,76
599,50	382,42	381,83	239,53	176,57	20,01	10,76
587,80	380,79	381,83	222,51	176,57	23,35	10,76
590,67	377,53	381,83	200,05	176,57	37,36	10,76
596,39	377,77	381,83	185,16	176,57	24,92	10,76
593,53	377,85	381,83	196,75	176,57	46,85	10,76
593,28	377,52	381,83	196,07	176,57	17,25	10,76
580,96	375,34	381,83	198,05	176,57	30,62	10,76
574,45	376,38	381,83	184,09	176,57	33,26	10,76
556,32	372,23	381,83	183,37	176,57	59,31	10,76
550,60	375,13	381,83	192,49	176,57	11,54	10,76
554,89	376,47	381,83	202,67	176,57	63,16	10,76
560,20	383,32	381,83	208,00	176,57	18,88	10,76
563,23	387,50	381,83	219,24	176,57	27,65	10,76
555,84	388,28	381,83	210,42	176,57	59,37	10,76
556,55	388,82	381,83	214,75	176,57	12,75	10,76
561,80	389,48	381,83	221,48	176,57	12,56	10,76
560,62	389,69	381,83	213,20	176,57	22,84	10,76

591,46	400,98	254,52	52,63
594,09	401,79	271,61	54,93
592,91	401,76	280,77	50,46
590,03	402,39	280,23	47,57
589,80	402,71	290,70	52,81
592,80	403,62	278,20	41,36
599,27	405,41	292,84	62,23
594,96	405,65	295,72	58,38
591,87	406,09	297,58	67,03
591,87	405,14	292,67	63,13
589,48	405,11	292,70	49,77
589,48	405,86	292,52	50,98
593,36	406,33	281,24	64,73
588,05	406,69	296,10	59,61
587,89	407,83	296,41	63,53
590,99	407,35	292,98	64,65
594,32	408,07	282,94	64,38
594,73	408,21	303,19	60,50
592,34	408,33	302,16	39,99
591,39	407,47	295,29	42,72
592,57	406,89	282,53	53,99
591,64	407,73	295,35	43,40
591,87	408,37	298,65	63,28
588,76	407,71	297,20	56,16
599,27	408,31	287,29	64,97
596,16	409,00	284,97	65,21
596,39	409,71	296,71	64,44
587,80	409,48	298,08	67,48
587,57	409,60	301,69	63,71
593,77	410,08	296,27	72,27
596,87	410,44	297,82	70,15
595,20	410,28	289,54	63,25
594,48	410,16	306,76	57,98
590,19	410,52	296,42	47,06
590,44	411,60	309,46	63,34
593,05	410,84	308,30	60,17
595,44	411,12	307,30	71,71
592,57	411,24	299,17	63,35
598,78	411,63	282,03	63,09
595,44	409,94	272,65	53,16
592,57	409,15	276,98	57,70
591,64	409,04	309,85	60,45
587,08	404,91	265,68	31,27
590,44	401,04	299,34	18,78
590,67	396,86	301,36	21,51
588,05	395,57	295,28	36,49
583,53	393,86	289,10	62,63
554,89	378,36	204,48	12,06
552,96	375,92	222,06	19,07
559,18	384,69	250,29	13,50
565,38	384,92	251,79	57,14
580,42	390,14	265,27	15,76
582,08	392,57	262,16	54,23
582,08	389,57	261,65	54,92

556,16	389,26	381,83	220,22	176,57	31,66	10,76
556,16	390,26	381,83	230,21	176,57	56,52	10,76
556,55	391,09	381,83	221,75	176,57	34,17	10,76
552,03	390,59	381,83	232,37	176,57	26,26	10,76
579,46	394,69	381,83	247,74	176,57	35,53	10,76
583,28	397,93	381,83	257,39	176,57	19,48	10,76
586,85	399,91	381,83	260,01	176,57	12,66	10,76
591,64	401,17	381,83	254,41	176,57	28,55	10,76
595,20	401,85	381,83	249,46	176,57	62,25	10,76
590,19	401,88	381,83	232,94	176,57	28,59	10,76
594,00	402,24	381,83	247,15	176,57	17,81	10,76
587,33	401,49	381,83	251,40	176,57	36,26	10,76
593,77	402,73	381,83	244,63	176,57	61,94	10,76
590,99	403,06	381,83	235,72	176,57	41,01	10,76
587,33	402,30	381,83	247,24	176,57	13,46	10,76
586,92	401,85	381,83	244,44	176,57	14,76	10,76
569,03	400,70	381,83	281,59	176,57	62,87	10,76
578,58	399,58	381,83	167,11	176,57	9,50	10,76
589,07	398,75	381,83	217,17	176,57	15,36	10,76
597,43	399,85	381,83	222,20	176,57	37,46	10,76
591,23	399,93	381,83	227,47	176,57	48,95	10,76
586,62	399,38	381,83	200,99	176,57	51,41	10,76
589,00	398,35	381,83	205,40	176,57	57,19	10,76
586,37	398,53	381,83	225,03	176,57	51,29	10,76
586,69	399,64	381,83	217,39	176,57	63,55	10,76
586,14	401,06	381,83	234,81	176,57	62,06	10,76
595,52	403,81	381,83	192,39	176,57	24,78	10,76
585,17	403,57	381,83	221,19	176,57	17,18	10,76
587,80	403,61	381,83	241,83	176,57	13,27	10,76
587,57	403,69	381,83	209,18	176,57	19,92	10,76
595,91	405,08	381,83	212,42	176,57	57,19	10,76
591,87	406,19	381,83	210,60	176,57	62,56	10,76
597,11	407,20	381,83	226,56	176,57	56,31	10,76
594,25	407,47	381,83	217,77	176,57	60,92	10,76
594,73	407,85	381,83	223,52	176,57	27,76	10,76
595,91	407,28	381,83	217,10	176,57	31,07	10,76
601,39	408,23	381,83	201,95	176,57	28,22	10,76
592,57	408,05	381,83	220,49	176,57	18,91	10,76
593,05	406,98	381,83	205,70	176,57	19,58	10,76
583,53	407,00	381,83	224,80	176,57	19,86	10,76
589,48	406,78	381,83	239,18	176,57	17,60	10,76
596,64	408,64	381,83	197,25	176,57	16,93	10,76
610,22	409,87	381,83	199,96	176,57	19,48	10,76
607,13	410,60	381,83	199,87	176,57	63,62	10,76
599,02	410,17	381,83	185,79	176,57	54,44	10,76
594,48	411,04	381,83	203,50	176,57	33,50	10,76
597,66	412,53	381,83	224,31	176,57	63,62	10,76
595,20	413,92	381,83	230,52	176,57	25,31	10,76
600,91	412,61	381,83	182,27	176,57	52,97	10,76
589,71	412,48	381,83	254,64	176,57	45,48	10,76
600,20	413,38	381,83	217,68	176,57	62,66	10,76
601,64	414,03	381,83	220,27	176,57	64,07	10,76
604,50	415,42	381,83	214,05	176,57	44,72	10,76
609,27	414,71	381,83	186,33	176,57	33,32	10,76

563,72	384,19	227,01	19,26
554,64	373,90	206,26	39,17
561,32	377,18	220,73	19,20
557,52	377,68	230,81	29,37
561,08	378,69	220,19	0,00
561,80	380,24	232,79	12,66
556,55	380,92	246,08	21,97
557,27	381,98	244,07	51,02
586,62	387,54	270,98	44,81
597,84	390,24	282,82	24,09
593,28	391,28	275,43	34,64
591,15	391,80	273,65	32,58
593,53	392,41	272,13	27,78
596,64	392,57	272,28	35,74
592,34	392,05	284,52	39,48
588,53	392,73	277,05	61,81
593,05	393,49	263,26	49,44
592,10	393,99	269,35	67,37
591,39	394,00	265,52	69,04
591,15	395,03	268,26	68,22
592,57	395,36	265,79	66,55
594,00	394,98	269,79	51,37
594,32	396,34	273,83	25,34
598,62	397,42	275,90	57,68
590,91	397,22	253,67	26,29
554,48	387,49	245,57	66,22
554,00	389,46	244,92	63,68
564,74	391,54	265,97	44,01
596,95	397,29	274,90	55,34
600,91	399,13	273,20	75,05
595,03	398,63	272,91	70,72
589,80	397,92	272,79	42,50
589,07	397,86	260,21	50,80
595,27	398,44	266,32	48,24
590,03	399,02	277,71	23,94
585,96	399,12	278,05	21,06
594,55	399,34	270,59	31,21
590,99	400,33	299,65	30,74
593,61	400,41	277,06	58,12
592,18	401,23	274,50	69,13
595,03	401,43	281,30	60,72
592,18	401,16	284,96	70,47
591,23	402,22	273,20	35,39
588,35	402,18	280,05	70,30
590,75	401,39	278,21	33,41
590,19	402,18	284,26	69,91
594,25	402,33	278,39	71,54
589,71	401,23	291,06	68,49
593,28	402,19	273,99	71,33
592,80	403,89	273,71	67,78
595,68	403,96	282,09	29,45
590,91	404,31	280,54	58,11
594,00	404,71	271,01	70,03
591,64	404,51	278,80	70,24

604,98	413,88	381,83	206,01	176,57	63,06	10,76
603,79	413,47	381,83	208,73	176,57	25,31	10,76
600,20	413,31	381,83	189,82	176,57	21,52	10,76
595,68	412,38	381,83	200,50	176,57	40,51	10,76
599,10	412,54	381,83	191,47	176,57	55,68	10,76
595,91	412,50	381,83	185,50	176,57	64,31	10,76
597,35	413,04	381,83	199,72	176,57	17,98	10,76
602,43	413,66	381,83	187,49	176,57	58,35	10,76
600,68	416,50	381,83	215,22	176,57	60,94	10,76
604,75	415,68	381,83	208,39	176,57	36,23	10,76
599,98	416,10	381,83	211,01	176,57	64,07	10,76
602,36	412,67	381,83	191,68	176,57	32,26	10,76
599,27	409,61	381,83	166,81	176,57	19,07	10,76
602,59	406,56	381,83	171,55	176,57	19,23	10,76
601,95	406,80	381,83	168,56	176,57	42,13	10,76
597,84	398,41	381,83	181,13	176,57	61,74	10,76
597,91	392,00	381,83	175,44	176,57	16,19	10,76
606,66	389,88	381,83	181,32	176,57	11,91	10,76
605,46	387,16	381,83	200,59	176,57	28,18	10,76
596,16	384,68	381,83	155,30	176,57	16,07	10,76
604,57	384,15	381,83	150,98	176,57	10,83	10,76
595,44	383,08	381,83	164,42	176,57	17,64	10,76
594,73	382,61	381,83	185,98	176,57	10,36	10,76
598,55	382,60	381,83	176,74	176,57	15,21	10,76
598,55	382,33	381,83	137,46	176,57	10,54	10,76
573,97	377,14	381,83	119,44	176,57	0,00	10,76
570,86	376,30	381,83	171,79	176,57	0,00	10,76
570,15	375,30	381,83	111,06	176,57	8,33	10,76
564,98	367,97	381,83	153,84	176,57	58,50	10,76
562,27	361,40	381,83	157,14	176,57	52,67	10,76
555,20	360,76	381,83	160,49	176,57	14,55	10,76
556,63	360,35	381,83	161,94	176,57	16,63	10,76
556,39	360,58	381,83	168,22	176,57	35,18	10,76
557,75	360,96	381,83	160,47	176,57	10,19	10,76
557,11	362,17	381,83	196,90	176,57	58,16	10,76
564,66	366,93	381,83	206,97	176,57	12,85	10,76
568,79	368,21	381,83	164,68	176,57	61,90	10,76
565,63	368,17	381,83	177,03	176,57	8,19	10,76
563,72	368,02	381,83	154,59	176,57	44,64	10,76
563,95	367,92	381,83	173,05	176,57	51,38	10,76
560,62	367,66	381,83	170,56	176,57	9,70	10,76
558,71	367,90	381,83	164,47	176,57	18,22	10,76
558,71	367,65	381,83	163,49	176,57	63,37	10,76
561,80	368,43	381,83	163,75	176,57	9,76	10,76
567,77	385,41	381,83	238,80	176,57	50,30	10,76
585,89	392,93	381,83	255,02	176,57	58,11	10,76
599,75	391,86	381,83	219,50	176,57	62,48	10,76
586,37	395,05	381,83	268,24	176,57	53,49	10,76
587,08	396,24	381,83	236,13	176,57	65,47	10,76
593,05	396,84	381,83	236,38	176,57	64,13	10,76
585,25	397,91	381,83	270,95	176,57	64,00	10,76
592,42	398,71	381,83	206,90	176,57	64,02	10,76
592,42	399,12	381,83	222,89	176,57	63,53	10,76
595,03	399,80	381,83	229,35	176,57	63,65	10,76

589,24	404,34	269,15	42,30
590,44	404,30	289,48	43,46
584,46	403,70	297,98	71,25
589,71	403,79	279,56	66,25
595,91	403,88	277,75	62,01
590,51	403,79	272,11	28,31
591,15	404,08	297,85	29,37
593,53	404,73	283,49	70,68
591,15	404,22	284,92	70,30
589,71	404,93	276,71	71,08
567,54	400,33	237,24	15,45
550,43	394,68	266,18	14,21
562,59	395,20	251,55	66,42
566,57	381,86	254,50	18,28
568,02	386,96	223,67	3,27
553,93	383,76	240,04	27,43
582,80	382,99	202,07	58,71
594,96	388,89	172,03	21,03
584,69	389,15	173,81	17,32
589,48	391,98	151,15	71,07
588,53	391,85	174,87	13,82
582,80	390,63	155,72	15,49
583,99	391,58	192,16	12,85
568,72	389,41	253,53	21,17
558,46	389,38	200,06	12,16
575,41	393,14	188,97	31,17
554,64	387,20	199,14	11,11
552,03	385,99	181,82	24,82
555,84	385,97	192,45	0,00
557,52	388,02	209,81	9,04
561,32	389,87	181,66	0,00
564,66	391,46	219,79	15,69
567,54	392,15	204,11	15,45
567,54	393,03	221,13	22,41
575,41	393,82	224,23	41,67
576,13	394,95	225,33	55,40
578,49	395,18	261,99	26,14
576,58	394,90	233,68	9,11
577,54	394,20	232,04	31,89
576,83	394,92	227,86	8,19
578,26	395,94	232,49	10,43
577,31	398,03	270,79	29,41
597,59	400,20	243,16	9,44
599,27	400,97	224,83	53,27
597,59	399,65	233,72	6,42
589,24	399,05	270,46	0,00
590,19	399,54	230,37	44,39
590,67	399,60	242,45	55,83
594,00	400,01	228,51	56,72
593,53	400,17	236,26	9,76
599,50	401,31	239,00	28,97
585,66	400,84	234,93	32,61
594,25	401,44	247,44	8,77
587,33	401,16	256,20	57,91

593,28	400,55	381,83	231,13	176,57	65,59	10,76
592,10	401,55	381,83	226,65	176,57	50,54	10,76
595,20	401,91	381,83	225,75	176,57	63,06	10,76
558,95	394,43	381,83	165,16	176,57	27,38	10,76
563,54	376,66	381,83	220,05	176,57	51,11	10,76
560,43	379,02	381,83	217,30	176,57	32,76	10,76
554,96	376,45	381,83	209,13	176,57	7,88	10,76
580,49	382,71	381,83	215,02	176,57	63,68	10,76
590,03	385,40	381,83	233,69	176,57	50,65	10,76
598,38	394,01	381,83	218,73	176,57	44,07	10,76
592,42	390,70	381,83	235,86	176,57	53,82	10,76
591,15	389,72	381,83	212,89	176,57	51,56	10,76
601,72	388,49	381,83	209,69	176,57	60,05	10,76
599,27	387,96	381,83	196,92	176,57	64,26	10,76
587,33	385,97	381,83	231,42	176,57	48,35	10,76
587,41	382,34	381,83	247,29	176,57	64,02	10,76
589,96	381,31	381,83	198,91	176,57	59,93	10,76
586,62	382,10	381,83	171,33	176,57	66,06	10,76
591,46	381,83	381,83	206,21	176,57	61,93	10,76
598,62	383,69	381,83	201,51	176,57	63,67	10,76
593,77	384,84	381,83	206,74	176,57	63,77	10,76
588,76	383,26	381,83	235,52	176,57	53,82	10,76
573,02	381,12	381,83	180,03	176,57	61,76	10,76
556,32	376,64	381,83	176,78	176,57	61,55	10,76
568,02	382,23	381,83	200,40	176,57	62,04	10,76
601,88	399,83	381,83	240,07	176,57	53,22	10,76
595,44	398,73	381,83	232,94	176,57	53,87	10,76
592,57	398,50	381,83	223,96	176,57	54,19	10,76
592,80	395,17	381,83	202,28	176,57	62,59	10,76
580,42	392,05	381,83	254,67	176,57	60,98	10,76
587,80	387,29	381,83	209,09	176,57	62,65	10,76
590,44	387,56	381,83	216,46	176,57	23,56	10,76
599,75	390,45	381,83	220,00	176,57	64,58	10,76
596,16	388,08	381,83	181,84	176,57	26,68	10,76
589,00	387,94	381,83	217,89	176,57	45,61	10,76
600,20	391,96	381,83	198,67	176,57	64,75	10,76
592,57	398,67	381,83	230,57	176,57	65,59	10,76
598,07	402,15	381,83	212,87	176,57	64,02	10,76
597,59	402,80	381,83	226,68	176,57	65,26	10,76
594,73	403,22	381,83	228,75	176,57	64,95	10,76
597,59	404,28	381,83	225,67	176,57	63,63	10,76
589,71	403,89	381,83	235,33	176,57	62,06	10,76
594,96	405,02	381,83	235,45	176,57	63,66	10,76
592,66	405,66	381,83	242,32	176,57	63,54	10,76
596,95	406,66	381,83	242,66	176,57	63,74	10,76
589,96	408,01	381,83	247,44	176,57	63,53	10,76
589,24	409,49	381,83	259,13	176,57	47,67	10,76
592,57	410,12	381,83	246,95	176,57	65,04	10,76
589,48	411,18	381,83	259,78	176,57	63,52	10,76
587,89	412,79	381,83	271,56	176,57	64,98	10,76
588,60	414,20	381,83	252,57	176,57	63,66	10,76
602,36	415,72	381,83	243,09	176,57	63,54	10,76
589,48	414,80	381,83	253,55	176,57	63,61	10,76
593,84	415,32	381,83	255,07	176,57	63,70	10,76

587,33	401,26	242,01	11,32
592,10	401,86	245,99	48,04
589,96	402,59	248,31	59,29
591,64	403,03	248,67	25,58
595,44	403,69	255,16	18,71
591,87	404,38	257,60	17,14
593,53	404,34	260,72	22,41
595,44	404,21	252,88	18,88
588,12	404,40	234,32	10,72
574,52	401,25	225,19	39,25
551,62	395,09	222,32	14,25
588,53	403,47	298,39	11,49
599,75	407,86	296,48	33,21
590,44	407,73	290,74	21,52
590,67	407,14	288,00	42,14
587,08	406,55	284,16	55,92
595,91	407,69	265,38	8,11
590,44	407,88	227,24	37,67
591,87	408,49	251,92	10,60
588,53	408,38	292,42	32,43
596,39	409,58	265,59	70,07
593,77	411,53	256,60	69,86
594,25	411,71	256,46	68,18
595,91	412,43	262,02	58,17
576,13	408,44	245,92	53,31
580,88	408,22	242,00	66,19
555,12	405,18	227,47	32,86
555,12	402,53	200,25	18,01
552,03	402,24	202,82	18,15
563,00	400,91	187,59	16,52
551,32	394,93	215,71	0,00
552,80	391,07	205,44	0,00
551,80	391,39	211,74	0,00
562,27	388,38	232,18	0,00
563,00	389,23	223,51	22,79
558,30	389,43	228,09	15,13
573,74	392,09	234,86	16,81
583,28	397,76	225,84	11,44
576,36	397,73	231,11	14,88
575,17	398,07	238,21	16,37
551,86	394,37	219,75	20,58
575,49	402,28	257,00	39,50
593,77	406,58	270,69	50,03
601,64	408,45	236,87	39,16
590,19	407,20	258,79	10,24
585,96	406,69	252,69	10,49
585,89	406,83	261,59	15,37
594,48	407,54	257,79	25,22
585,01	405,65	260,33	22,74
585,96	403,82	285,65	25,00
592,80	404,73	235,51	16,78
597,84	405,27	227,08	17,53
602,11	406,76	250,21	30,19
596,16	405,14	251,74	15,13

594,96	416,05	381,83	253,28	176,57	63,47	10,76
590,44	414,58	381,83	216,41	176,57	57,50	10,76
597,84	409,47	381,83	207,66	176,57	33,90	10,76
584,94	397,78	381,83	220,67	176,57	60,89	10,76
585,17	389,63	381,83	235,26	176,57	61,77	10,76
593,05	387,82	381,83	227,20	176,57	65,30	10,76
587,57	385,88	381,83	223,22	176,57	48,99	10,76
594,96	386,86	381,83	220,82	176,57	63,85	10,76
591,87	387,10	381,83	218,85	176,57	63,36	10,76
600,53	388,66	381,83	222,62	176,57	59,87	10,76
565,63	382,71	381,83	211,66	176,57	11,86	10,76
553,69	368,15	381,83	227,01	176,57	60,03	10,76
561,56	370,35	381,83	219,08	176,57	2,10	10,76
557,27	370,15	381,83	201,80	176,57	4,39	10,76
581,37	374,67	381,83	225,29	176,57	20,62	10,76
582,33	377,05	381,83	244,53	176,57	16,56	10,76
580,01	378,11	381,83	238,83	176,57	12,75	10,76
582,56	378,76	381,83	238,77	176,57	53,68	10,76
558,46	376,57	381,83	213,31	176,57	11,49	10,76
573,58	379,77	381,83	256,71	176,57	20,26	10,76
583,35	384,88	381,83	240,38	176,57	45,74	10,76
595,75	389,13	381,83	221,56	176,57	22,95	10,76
592,42	389,58	381,83	241,76	176,57	19,26	10,76
565,15	384,65	381,83	210,44	176,57	64,53	10,76
550,35	388,14	381,83	222,83	176,57	33,87	10,76
566,34	393,14	381,83	213,43	176,57	63,78	10,76
574,52	395,29	381,83	211,06	176,57	52,47	10,76
584,24	398,36	381,83	229,60	176,57	47,41	10,76
590,75	399,93	381,83	224,75	176,57	62,35	10,76
587,33	400,66	381,83	238,08	176,57	48,33	10,76
588,76	400,57	381,83	230,23	176,57	44,01	10,76
586,37	400,82	381,83	234,98	176,57	53,16	10,76
583,83	399,86	381,83	230,40	176,57	55,93	10,76
586,14	400,30	381,83	208,52	176,57	61,27	10,76
588,53	400,99	381,83	212,23	176,57	64,25	10,76
584,69	401,34	381,83	232,04	176,57	64,36	10,76
587,41	401,28	381,83	225,73	176,57	63,97	10,76
585,49	401,16	381,83	224,83	176,57	65,55	10,76
587,89	401,63	381,83	238,79	176,57	64,02	10,76
581,60	401,06	381,83	234,59	176,57	50,79	10,76
584,31	401,19	381,83	228,72	176,57	65,62	10,76
591,71	402,33	381,83	242,91	176,57	64,05	10,76
578,97	399,66	381,83	229,27	176,57	65,55	10,76
551,39	393,75	381,83	223,38	176,57	66,17	10,76
561,88	395,31	381,83	230,90	176,57	65,59	10,76
561,16	395,55	381,83	227,28	176,57	66,17	10,76
556,80	372,16	381,83	216,62	176,57	24,30	10,76
551,39	365,95	381,83	212,34	176,57	18,65	10,76
557,03	366,88	381,83	222,04	176,57	10,72	10,76
552,09	366,96	381,83	200,78	176,57	10,66	10,76
555,91	369,01	381,83	215,63	176,57	22,95	10,76
579,05	376,31	381,83	235,34	176,57	32,78	10,76
571,11	377,01	381,83	204,66	176,57	12,51	10,76
561,88	373,24	381,83	143,17	176,57	10,99	10,76

593,28	406,54	253,82	12,80
595,75	406,20	247,00	20,70
592,18	406,89	244,20	29,22
596,00	407,17	246,63	35,82
593,61	407,85	249,05	23,16
591,39	407,57	234,74	16,19
588,05	409,11	235,34	23,48
589,48	408,60	226,06	10,89
588,53	409,17	266,33	10,54
593,28	410,38	237,40	28,37
594,96	410,91	249,12	46,37
599,75	412,11	247,46	66,11
595,91	411,23	249,42	56,57
593,05	411,14	222,24	51,81
590,67	411,69	227,92	54,97
587,57	411,76	232,44	43,37
591,15	411,92	236,15	29,22
586,62	411,99	242,52	18,71
595,91	413,47	220,91	16,26
594,73	413,81	220,14	24,58
594,00	414,68	229,62	19,29
593,77	413,96	242,43	22,25
599,02	415,81	237,53	16,30
598,55	414,76	233,05	38,84
595,91	414,98	218,82	59,03
595,20	414,71	221,64	62,67
594,96	415,41	240,28	41,85
592,34	414,96	217,31	25,84
597,59	415,75	214,46	21,32
596,64	417,26	225,32	23,66
594,09	417,95	237,44	21,77
599,50	418,20	224,45	26,79
592,18	417,73	226,42	12,21
594,32	418,18	214,88	12,95
595,20	418,36	238,87	16,93
591,87	418,25	239,36	13,86
594,25	418,86	223,54	14,59
593,53	419,49	216,76	16,26
598,38	420,98	232,33	31,72
603,38	420,07	228,48	66,26
600,68	421,00	220,52	64,99
598,30	422,56	215,35	68,19
599,75	422,76	227,59	63,82
594,32	421,48	226,56	17,77
599,10	421,46	227,30	29,10
577,31	415,39	180,96	24,90
576,58	411,96	168,27	21,60
563,07	405,88	148,00	17,11
555,36	400,39	162,20	17,11
556,80	396,44	168,01	0,00
558,71	388,44	199,86	11,70
551,62	371,94	199,12	13,77
562,11	370,98	167,90	10,07
555,68	370,87	184,82	0,00

563,07	374,10	381,83	146,73	176,57	19,23	10,76
550,19	371,61	381,83	157,95	176,57	59,05	10,76
555,84	372,49	381,83	168,11	176,57	58,44	10,76
550,91	373,53	381,83	186,06	176,57	55,65	10,76
563,47	376,85	381,83	184,54	176,57	52,01	10,76
568,09	393,04	381,83	184,87	176,57	53,38	10,76
564,91	395,03	381,83	166,17	176,57	24,95	10,76
593,14	400,19	381,83	211,51	176,57	61,30	10,76
607,86	405,25	381,83	216,55	176,57	62,18	10,76
609,59	407,07	381,83	192,18	176,57	56,05	10,76
602,66	408,17	381,83	228,03	176,57	57,68	10,76
598,86	407,74	381,83	224,12	176,57	44,12	10,76
597,59	407,89	381,83	213,36	176,57	42,23	10,76
597,35	407,96	381,83	177,45	176,57	53,28	10,76
592,42	408,10	381,83	208,14	176,57	52,23	10,76
598,86	408,94	381,83	180,71	176,57	63,26	10,76
597,43	410,28	381,83	214,12	176,57	60,76	10,76
596,00	411,07	381,83	230,42	176,57	64,96	10,76
599,02	412,07	381,83	218,97	176,57	65,45	10,76
592,91	413,03	381,83	246,80	176,57	42,72	10,76
595,68	414,70	381,83	222,31	176,57	45,35	10,76
601,88	415,54	381,83	237,49	176,57	64,61	10,76
594,55	416,01	381,83	240,94	176,57	65,30	10,76
600,29	416,86	381,83	258,96	176,57	71,78	10,76
583,60	414,93	381,83	222,48	176,57	65,81	10,76
576,36	410,80	381,83	211,92	176,57	37,91	10,76
574,69	409,22	381,83	226,98	176,57	58,04	10,76
575,17	407,11	381,83	229,37	176,57	11,27	10,76
575,24	406,62	381,83	215,67	176,57	12,85	10,76
560,20	405,23	381,83	208,85	176,57	18,05	10,76
561,88	379,70	381,83	209,98	176,57	47,91	10,76
551,16	374,34	381,83	230,26	176,57	56,17	10,76
552,57	370,56	381,83	228,46	176,57	50,96	10,76
569,99	379,68	381,83	260,94	176,57	59,85	10,76
590,26	384,23	381,83	233,82	176,57	49,18	10,76
589,55	385,62	381,83	262,10	176,57	47,73	10,76
588,84	386,55	381,83	260,70	176,57	42,30	10,76
596,64	387,09	381,83	242,73	176,57	45,23	10,76
591,64	388,24	381,83	256,65	176,57	55,47	10,76
598,86	389,16	381,83	255,45	176,57	52,81	10,76
602,11	389,94	381,83	227,28	176,57	52,67	10,76
603,79	390,72	381,83	245,03	176,57	58,05	10,76
599,98	391,65	381,83	251,56	176,57	55,40	10,76
606,89	391,74	381,83	225,05	176,57	60,06	10,76
605,06	390,54	381,83	225,53	176,57	59,88	10,76
598,38	389,58	381,83	225,62	176,57	24,87	10,76
591,15	388,65	381,83	216,63	176,57	9,94	10,76
593,53	388,12	381,83	193,46	176,57	11,70	10,76
595,20	387,46	381,83	161,89	176,57	36,63	10,76
593,61	387,81	381,83	178,62	176,57	62,60	10,76
562,59	383,23	381,83	131,01	176,57	50,82	10,76
592,34	383,44	381,83	152,42	176,57	36,46	10,76
558,78	377,61	381,83	158,15	176,57	56,53	10,76
597,84	385,60	381,83	185,94	176,57	62,52	10,76

577,14	374,52	193,29	13,50
586,62	378,40	180,28	21,88
554,23	373,10	158,46	10,25
552,96	374,17	180,21	10,30
552,80	375,33	183,62	15,80
550,60	375,20	186,48	16,03
568,33	378,79	189,00	21,35
594,73	388,65	242,09	20,97
605,77	390,96	217,36	12,85
597,43	389,65	220,29	19,89
593,84	389,82	227,97	17,24
595,03	389,46	220,99	17,36
600,45	391,10	226,40	21,40
599,75	391,70	239,32	32,55
596,16	391,75	206,97	17,91
594,00	391,37	218,19	13,90
592,66	391,25	250,20	13,50
593,53	391,80	249,24	13,23
594,80	392,35	232,75	16,45
599,34	393,25	224,64	16,93
599,27	393,78	259,53	26,45
594,96	394,20	227,94	16,67
596,16	394,14	236,33	17,50
591,87	394,87	236,71	17,57
592,10	395,24	243,13	19,58
590,19	395,28	222,78	17,46
592,10	395,85	202,72	28,89
594,48	397,54	211,01	7,32
599,98	397,39	239,97	21,83
601,39	398,71	230,13	14,04
601,64	400,29	223,10	48,42
604,27	399,88	233,95	14,29
599,75	400,11	234,28	38,00
603,55	400,12	242,64	21,57
599,50	400,12	238,91	14,88
600,45	400,46	239,90	17,39
598,07	400,35	236,97	56,07
593,05	400,40	252,29	21,08
594,25	400,81	212,02	47,57
596,16	401,11	233,53	70,08
592,80	401,92	234,51	43,33
602,11	402,73	233,03	16,49
595,91	401,21	230,24	24,25
592,80	401,48	157,30	60,85
594,48	401,49	209,21	59,61
596,87	401,23	192,95	19,26
596,87	401,50	209,49	13,59
595,44	401,63	195,66	23,45
594,96	402,37	227,22	57,14
599,75	403,59	171,78	71,63
595,91	404,04	209,97	49,35
598,38	403,27	207,60	26,31
597,35	404,51	205,75	30,50
601,02	404,62	180,46	22,36

599,27	387,06	381,83	175,28	176,57	27,63	10,76
598,30	387,97	381,83	174,35	176,57	58,77	10,76
596,64	388,62	381,83	171,48	176,57	52,87	10,76
591,15	387,39	381,83	175,19	176,57	40,60	10,76
593,05	387,88	381,83	171,59	176,57	18,28	10,76
595,68	388,28	381,83	157,66	176,57	23,34	10,76
594,25	388,63	381,83	163,93	176,57	58,84	10,76
596,87	389,72	381,83	169,33	176,57	30,52	10,76
595,91	390,73	381,83	162,01	176,57	61,00	10,76
600,20	391,75	381,83	172,40	176,57	26,59	10,76
589,96	391,40	381,83	144,26	176,57	26,01	10,76
578,49	387,28	381,83	143,90	176,57	27,11	10,76
579,94	387,37	381,83	145,44	176,57	64,18	10,76
577,14	386,95	381,83	148,49	176,57	19,92	10,76
574,22	387,30	381,83	147,75	176,57	39,99	10,76
578,26	388,00	381,83	152,24	176,57	23,56	10,76
594,73	389,54	381,83	172,88	176,57	47,86	10,76
604,27	393,24	381,83	155,24	176,57	55,26	10,76
605,70	395,08	381,83	165,47	176,57	55,39	10,76
603,15	395,98	381,83	172,38	176,57	49,88	10,76
599,02	395,99	381,83	174,78	176,57	64,46	10,76
601,88	395,72	381,83	170,06	176,57	38,11	10,76
597,18	395,52	381,83	165,82	176,57	61,63	10,76
597,91	397,17	381,83	171,93	176,57	63,20	10,76
598,14	396,78	381,83	197,15	176,57	43,63	10,76
598,62	396,90	381,83	181,20	176,57	61,76	10,76
599,75	397,86	381,83	192,78	176,57	41,47	10,76
590,99	396,67	381,83	178,74	176,57	20,67	10,76
581,85	394,15	381,83	175,95	176,57	63,12	10,76
583,99	394,68	381,83	184,50	176,57	15,37	10,76
579,78	394,54	381,83	181,15	176,57	22,57	10,76
592,10	403,70	381,83	229,40	176,57	12,85	10,76
598,14	408,35	381,83	247,94	176,57	17,60	10,76
605,06	410,00	381,83	213,54	176,57	56,01	10,76
592,42	408,20	381,83	215,06	176,57	56,41	10,76
598,86	408,94	381,83	200,98	176,57	11,86	10,76
596,95	409,30	381,83	209,59	176,57	32,69	10,76
588,12	408,01	381,83	198,63	176,57	62,93	10,76
565,93	360,38	381,83	156,45	176,57	27,56	10,76
564,50	362,59	381,83	158,98	176,57	24,73	10,76
563,79	362,44	381,83	164,58	176,57	20,38	10,76
559,50	360,86	381,83	168,44	176,57	30,88	10,76
558,07	363,05	381,83	167,22	176,57	20,67	10,76
565,38	364,92	381,83	193,54	176,57	15,05	10,76
586,44	371,24	381,83	202,21	176,57	26,47	10,76
596,23	376,26	381,83	206,75	176,57	7,73	10,76
589,32	377,19	381,83	206,32	176,57	14,93	10,76
589,55	378,03	381,83	208,71	176,57	13,13	10,76
584,79	379,18	381,83	218,91	176,57	28,46	10,76
589,55	383,03	381,83	228,00	176,57	38,78	10,76
604,02	386,05	381,83	247,92	176,57	25,53	10,76
594,96	386,84	381,83	236,63	176,57	17,81	10,76
591,23	388,04	381,83	278,15	176,57	62,46	10,76
596,71	390,40	381,83	247,26	176,57	61,61	10,76

601,72	404,84	198,34	42,07
599,02	405,23	207,56	25,22
599,82	404,95	198,78	29,74
598,38	405,44	214,56	50,64
596,71	405,92	211,75	33,39
600,29	406,11	214,48	40,19
592,91	406,24	228,38	61,90
596,46	406,69	210,89	63,91
594,00	406,38	203,49	33,02
595,27	406,81	229,57	68,28
597,35	407,45	210,38	40,94
602,84	408,28	193,32	48,00
595,68	408,62	215,97	59,72
604,82	409,36	209,71	66,20
601,39	409,38	207,65	59,44
594,96	408,56	190,21	39,94
584,31	403,81	169,52	60,07
575,01	402,51	187,50	10,18
572,31	393,22	206,89	56,45
581,69	386,78	188,26	10,13
574,22	381,82	212,26	56,25
577,31	378,98	186,36	8,04
558,07	374,75	144,75	54,70
552,57	373,92	149,10	49,84
553,52	372,89	167,72	25,82
552,32	372,70	171,90	42,63
559,27	372,61	163,46	43,10
558,46	372,73	162,30	35,80
569,03	373,01	165,62	45,53
588,12	378,94	184,48	59,04
579,46	378,35	183,04	10,94
599,98	386,09	199,47	24,27
603,15	389,81	205,38	52,10
605,54	391,16	195,46	63,88
591,15	389,02	181,42	11,38
592,34	389,66	190,04	12,66
601,25	390,82	188,91	52,75
589,55	391,01	172,16	14,68
575,49	388,43	180,39	20,13
577,38	388,70	187,44	35,85
599,75	393,14	209,15	18,38
601,88	393,52	174,40	61,10
592,80	394,37	221,67	31,81
593,84	395,02	221,19	12,11
599,34	397,12	205,12	44,21
596,46	396,55	199,91	60,19
592,91	396,58	210,26	10,60
597,84	396,91	193,64	14,42
601,88	399,12	198,95	35,41
599,27	399,65	211,67	12,31
599,98	400,62	197,20	21,94
597,11	399,25	211,24	8,26
591,15	399,21	199,22	4,25
595,91	399,93	208,56	22,71

596,46	391,22	381,83	238,64	176,57	62,57	10,76
601,48	392,27	381,83	258,80	176,57	62,01	10,76
601,02	392,67	381,83	238,60	176,57	61,50	10,76
604,57	392,40	381,83	218,41	176,57	26,38	10,76
599,27	392,56	381,83	239,19	176,57	13,13	10,76
576,83	386,61	381,83	195,53	176,57	13,68	10,76
552,32	381,10	381,83	151,92	176,57	17,95	10,76
555,68	380,44	381,83	192,28	176,57	17,46	10,76
557,11	380,36	381,83	170,79	176,57	51,45	10,76
555,12	381,08	381,83	180,81	176,57	23,55	10,76
558,95	381,31	381,83	175,81	176,57	11,44	10,76
555,43	381,19	381,83	191,19	176,57	15,05	10,76
551,39	382,10	381,83	234,02	176,57	24,55	10,76
551,80	382,47	381,83	166,40	176,57	51,12	10,76
569,20	386,52	381,83	251,16	176,57	34,76	10,76
578,74	391,26	381,83	220,39	176,57	6,13	10,76
580,65	392,36	381,83	211,63	176,57	22,27	10,76
591,39	396,73	381,83	232,91	176,57	12,71	10,76
599,75	398,56	381,83	227,64	176,57	12,36	10,76
600,68	399,59	381,83	242,44	176,57	27,38	10,76
599,98	399,57	381,83	235,73	176,57	38,32	10,76
604,27	399,96	381,83	233,38	176,57	43,57	10,76
601,64	400,93	381,83	241,24	176,57	40,31	10,76
608,16	401,99	381,83	225,48	176,57	61,44	10,76
600,45	402,02	381,83	251,86	176,57	63,32	10,76
601,25	401,10	381,83	230,36	176,57	61,99	10,76
594,09	400,71	381,83	230,47	176,57	61,25	10,76
595,44	401,15	381,83	236,40	176,57	61,35	10,76
591,94	401,14	381,83	259,36	176,57	62,54	10,76
591,87	402,53	381,83	241,83	176,57	37,78	10,76
592,80	402,77	381,83	247,10	176,57	60,94	10,76
606,49	404,08	381,83	239,69	176,57	60,40	10,76
606,73	405,22	381,83	239,46	176,57	43,94	10,76
608,79	405,51	381,83	223,53	176,57	68,78	10,76
603,86	405,22	381,83	255,24	176,57	44,45	10,76
597,18	404,85	381,83	235,44	176,57	20,76	10,76
599,02	405,17	381,83	243,06	176,57	21,57	10,76
594,73	404,40	381,83	235,61	176,57	27,89	10,76
597,66	404,44	381,83	239,96	176,57	44,14	10,76
597,59	404,64	381,83	225,91	176,57	53,42	10,76
594,55	405,08	381,83	226,82	176,57	63,51	10,76
597,43	405,97	381,83	256,57	176,57	54,54	10,76
597,11	406,37	381,83	255,19	176,57	23,45	10,76
600,20	406,96	381,83	244,05	176,57	54,05	10,76
596,23	407,39	381,83	249,54	176,57	57,89	10,76
599,98	408,19	381,83	252,18	176,57	55,65	10,76
600,68	408,79	381,83	245,30	176,57	62,79	10,76
599,98	409,09	381,83	255,30	176,57	62,18	10,76
599,02	409,25	381,83	255,96	176,57	65,09	10,76
602,91	409,85	381,83	253,11	176,57	61,73	10,76
600,29	410,01	381,83	243,50	176,57	51,66	10,76
599,10	408,44	381,83	202,85	176,57	15,13	10,76
602,20	402,38	381,83	205,76	176,57	11,60	10,76
606,89	401,00	381,83	208,37	176,57	24,38	10,76

592,10	399,79	204,63	33,23
596,16	399,62	196,68	55,36
593,05	400,01	211,01	29,80
588,05	400,63	219,02	22,92
596,39	401,25	233,06	26,98
589,32	401,51	213,59	53,39
592,57	401,66	234,31	15,69
594,25	402,43	214,07	15,84
597,59	402,70	208,62	60,32
591,87	402,94	205,11	59,32
595,68	404,02	230,87	17,74
595,20	403,70	231,12	43,42
591,87	403,36	223,92	61,39
597,18	403,86	216,18	44,37
593,28	402,54	217,61	16,89
595,20	402,38	223,02	11,75
600,91	402,70	206,38	36,93
596,39	402,24	214,04	61,40
594,25	402,04	202,72	60,99
592,10	402,12	195,04	45,67
592,34	402,32	211,71	15,76
592,80	402,73	228,31	20,88
594,25	402,79	217,28	61,50
589,96	403,00	222,07	60,85
588,28	403,18	212,93	43,42
595,91	403,69	211,52	23,43
592,34	403,78	184,32	55,14
597,11	404,26	198,24	36,40
599,50	404,44	216,19	13,27
597,84	404,41	195,97	51,63
597,11	403,94	191,29	62,29
592,80	403,81	217,84	57,05
595,68	404,01	188,11	27,52
588,28	403,93	225,71	11,28
595,44	403,91	184,88	28,22
589,48	404,07	222,97	62,42
586,85	404,41	210,29	26,50
596,16	405,92	212,77	36,11
596,23	405,84	195,92	63,58
598,07	406,60	201,67	16,03
598,14	406,28	209,33	70,32
594,96	406,95	214,83	32,23
594,09	407,39	221,98	52,56
595,91	407,25	201,23	49,68
595,44	407,86	230,77	60,71
599,10	407,61	221,97	57,46
595,27	407,58	219,42	63,16
590,51	407,86	196,98	63,67
574,04	401,91	243,71	28,82
574,22	395,04	203,13	30,42
575,01	390,42	167,72	25,65
575,01	387,40	185,84	52,63
576,36	385,10	205,31	22,41
583,53	384,94	189,35	0,00

576,44	391,93	381,83	186,05	176,57	15,96	10,76
570,15	385,43	381,83	219,60	176,57	22,05	10,76
579,53	383,16	381,83	207,81	176,57	25,75	10,76
578,03	382,22	381,83	217,51	176,57	0,00	10,76
575,88	380,89	381,83	200,93	176,57	7,15	10,76
560,84	376,07	381,83	162,11	176,57	8,91	10,76
551,86	370,33	381,83	175,19	176,57	9,17	10,76
558,30	371,14	381,83	179,33	176,57	11,44	10,76
561,40	386,54	381,83	212,87	176,57	28,89	10,76
593,77	392,93	381,83	234,17	176,57	42,92	10,76
599,10	396,73	381,83	205,58	176,57	60,48	10,76
592,91	397,75	381,83	223,66	176,57	61,15	10,76
590,26	397,97	381,83	220,03	176,57	22,55	10,76
587,64	398,27	381,83	219,39	176,57	10,60	10,76
586,85	398,41	381,83	226,71	176,57	10,94	10,76
593,77	399,83	381,83	223,23	176,57	18,08	10,76
596,71	400,90	381,83	224,27	176,57	37,21	10,76
589,71	400,76	381,83	165,79	176,57	54,69	10,76
594,25	402,76	381,83	226,54	176,57	25,93	10,76
591,87	402,51	381,83	226,18	176,57	11,96	10,76
592,18	402,79	381,83	227,60	176,57	32,18	10,76
589,80	402,99	381,83	243,34	176,57	61,04	10,76
596,00	403,52	381,83	246,33	176,57	62,89	10,76
594,96	404,68	381,83	239,60	176,57	68,55	10,76
598,55	405,25	381,83	250,10	176,57	22,22	10,76
600,68	405,26	381,83	251,18	176,57	17,91	10,76
593,77	405,05	381,83	261,07	176,57	25,24	10,76
591,46	405,07	381,83	245,95	176,57	33,23	10,76
592,80	405,73	381,83	246,04	176,57	58,74	10,76
588,53	405,85	381,83	239,41	176,57	30,19	10,76
590,91	405,57	381,83	240,31	176,57	17,36	10,76
593,28	405,97	381,83	238,88	176,57	55,08	10,76
592,80	406,66	381,83	245,71	176,57	38,06	10,76
592,10	406,38	381,83	248,78	176,57	56,38	10,76
595,44	407,19	381,83	249,21	176,57	27,78	10,76
596,16	407,51	381,83	253,34	176,57	60,60	10,76
592,91	407,54	381,83	244,22	176,57	59,37	10,76
588,05	406,99	381,83	248,36	176,57	49,54	10,76
596,95	408,04	381,83	239,22	176,57	66,04	10,76
596,64	408,33	381,83	250,13	176,57	46,17	10,76
607,22	410,06	381,83	250,86	176,57	60,22	10,76
602,36	410,83	381,83	255,76	176,57	65,55	10,76
556,39	400,19	381,83	211,31	176,57	62,56	10,76
551,80	397,17	381,83	201,78	176,57	57,74	10,76
585,01	404,77	381,83	252,78	176,57	57,75	10,76
603,79	410,19	381,83	251,57	176,57	73,60	10,76
580,24	405,89	381,83	236,68	176,57	61,97	10,76
574,22	405,32	381,83	229,06	176,57	62,38	10,76
575,41	406,26	381,83	237,43	176,57	49,30	10,76
550,67	401,45	381,83	208,68	176,57	60,93	10,76
552,51	401,08	381,83	214,44	176,57	47,75	10,76
554,64	402,63	381,83	222,06	176,57	52,05	10,76
555,36	403,65	381,83	222,30	176,57	55,51	10,76
559,27	404,25	381,83	227,41	176,57	50,14	10,76

578,58	381,61	199,25	12,31
576,13	380,41	206,68	17,17
581,37	380,11	195,82	13,68
577,14	380,15	224,18	17,11
554,00	374,26	164,06	14,04
566,41	364,27	175,36	33,30
563,23	365,74	198,95	19,64
592,57	372,56	178,88	20,38
580,42	373,78	197,37	15,88
597,11	376,90	214,77	11,06
600,53	378,41	228,94	33,10
579,22	376,21	185,09	0,00
563,31	371,91	151,91	57,63
564,74	374,37	243,37	32,72
606,41	382,53	201,44	59,01
603,55	384,10	222,63	17,95
599,57	384,60	238,44	38,41
593,77	385,21	217,82	57,72
591,64	384,72	203,18	21,20
595,91	385,28	220,58	12,06
593,77	385,20	192,72	46,11
592,34	385,29	191,72	32,73
592,10	386,20	206,26	21,12
586,62	387,05	217,53	62,39
593,53	387,83	183,43	17,64
594,96	388,76	206,10	61,84
600,45	390,54	204,86	41,39
600,91	391,39	200,61	60,54
596,16	390,96	221,37	31,81
594,00	391,23	195,44	20,16
595,03	392,01	200,34	60,20
594,00	392,30	207,91	32,91
591,87	392,41	199,08	37,70
593,05	393,30	199,42	63,23
599,50	393,66	208,42	62,76
595,68	394,77	194,43	71,21
594,48	394,91	215,15	54,09
590,67	395,14	213,99	72,74
593,05	395,42	213,32	44,17
592,57	395,56	206,56	54,19
595,20	395,85	217,54	69,04
596,16	396,83	208,22	66,11
596,64	397,61	201,07	66,07
601,64	398,29	189,28	74,90
596,16	398,08	218,23	62,51
595,44	397,44	204,71	67,25
592,80	398,01	200,52	63,26
596,39	398,04	193,03	70,66
598,07	398,20	210,33	66,14
595,44	398,14	218,31	53,30
598,07	398,79	214,58	63,41
594,48	399,28	226,35	63,87
597,11	398,83	226,69	62,33
592,57	398,75	223,03	63,52

555,12	405,08	381,83	232,81	176,57	38,73	10,76
556,80	405,65	381,83	235,29	176,57	40,62	10,76
597,35	412,64	381,83	278,06	176,57	76,69	10,76
606,18	415,24	381,83	261,58	176,57	75,16	10,76
604,75	415,76	381,83	272,74	176,57	74,43	10,76
599,75	414,88	381,83	271,33	176,57	71,93	10,76
604,02	414,70	381,83	269,46	176,57	70,32	10,76
601,16	415,18	381,83	271,41	176,57	72,67	10,76
594,48	413,50	381,83	235,84	176,57	55,05	10,76
592,10	406,50	381,83	247,20	176,57	38,49	10,76
595,03	400,19	381,83	260,68	176,57	63,57	10,76
596,39	395,46	381,83	250,17	176,57	62,95	10,76
595,27	393,68	381,83	263,04	176,57	61,72	10,76
592,34	391,69	381,83	270,54	176,57	49,68	10,76
569,92	383,14	381,83	216,60	176,57	47,17	10,76
551,80	374,82	381,83	209,83	176,57	19,67	10,76
564,91	378,86	381,83	217,75	176,57	59,90	10,76
565,63	380,18	381,83	210,85	176,57	51,54	10,76
591,46	386,02	381,83	247,16	176,57	60,39	10,76
598,07	390,89	381,83	267,39	176,57	38,48	10,76
601,88	392,84	381,83	273,16	176,57	44,27	10,76
600,45	394,67	381,83	281,27	176,57	55,32	10,76
602,59	395,24	381,83	233,98	176,57	58,80	10,76
599,57	395,11	381,83	250,60	176,57	62,80	10,76
593,28	395,05	381,83	257,21	176,57	21,63	10,76
595,68	395,26	381,83	264,14	176,57	37,08	10,76
595,44	395,47	381,83	251,49	176,57	24,38	10,76
595,68	395,91	381,83	254,16	176,57	59,05	10,76
596,16	396,71	381,83	283,29	176,57	31,80	10,76
598,07	397,29	381,83	258,56	176,57	35,27	10,76
602,36	398,11	381,83	262,50	176,57	42,45	10,76
598,86	398,63	381,83	261,69	176,57	43,39	10,76
602,36	399,30	381,83	267,26	176,57	45,19	10,76
602,59	399,19	381,83	255,01	176,57	50,96	10,76
573,26	394,86	381,83	256,73	176,57	19,92	10,76
552,96	390,41	381,83	211,87	176,57	60,21	10,76
559,66	389,89	381,83	218,27	176,57	54,96	10,76
556,80	391,15	381,83	234,10	176,57	30,53	10,76
599,98	399,11	381,83	251,87	176,57	58,12	10,76
599,27	400,79	381,83	254,29	176,57	51,68	10,76
601,88	400,99	381,83	247,57	176,57	55,39	10,76
592,10	401,37	381,83	264,99	176,57	56,14	10,76
592,57	401,35	381,83	258,24	176,57	59,63	10,76
591,46	401,35	381,83	253,07	176,57	53,28	10,76
594,00	401,39	381,83	243,50	176,57	48,09	10,76
601,88	402,37	381,83	254,57	176,57	56,08	10,76
594,96	402,56	381,83	254,32	176,57	52,44	10,76
601,72	403,51	381,83	265,98	176,57	60,08	10,76
598,07	404,06	381,83	263,85	176,57	63,43	10,76
596,39	403,28	381,83	255,36	176,57	50,66	10,76
596,87	403,49	381,83	244,94	176,57	58,99	10,76
589,00	401,99	381,83	264,40	176,57	63,08	10,76
588,53	402,43	381,83	242,03	176,57	59,67	10,76
591,64	403,28	381,83	261,33	176,57	53,89	10,76

593,05	398,80	227,09	45,35
591,94	398,91	233,98	58,15
592,57	398,98	233,81	44,86
590,91	398,92	221,16	71,21
588,76	399,95	224,27	64,46
594,73	400,22	237,55	73,35
593,53	400,72	221,55	69,70
596,46	400,90	234,82	72,05
594,00	401,52	223,55	74,66
594,96	402,07	228,89	63,69
598,55	401,97	231,26	81,15
592,91	402,45	234,35	71,93
594,48	402,62	235,86	73,01
595,52	402,76	240,17	59,57
587,57	400,78	199,99	51,14
560,38	394,02	198,16	54,99
560,62	392,39	202,92	61,30
563,47	377,93	237,90	8,63
561,32	379,48	204,23	3,61
558,46	379,68	200,68	3,45
551,80	379,15	197,67	22,84
583,99	392,68	251,53	63,02
602,36	399,31	250,89	62,77
598,30	400,07	263,49	23,79
586,85	399,03	280,48	70,91
583,99	399,14	292,07	31,17
588,28	400,03	249,57	18,05
586,14	399,96	251,41	60,21
591,94	401,30	244,97	24,22
577,38	398,26	242,86	26,50
578,58	398,65	252,22	29,10
577,06	399,10	244,03	28,16
576,90	398,70	239,90	34,12
598,14	403,03	254,40	69,57
596,00	404,04	261,62	56,71
595,27	405,01	261,32	61,95
591,71	405,36	257,76	55,30
592,42	404,68	259,62	62,55
591,94	405,39	265,26	59,37
595,52	405,41	261,61	64,22
597,43	406,74	268,99	71,00
596,00	407,44	265,74	73,24
597,43	408,37	273,40	72,66
593,61	408,38	271,55	58,13
592,80	408,13	272,97	69,34
594,32	408,04	263,70	62,94
598,62	408,47	262,13	76,58
597,43	408,34	266,53	72,25
595,03	408,83	274,27	73,73
594,55	409,43	266,35	62,20
599,10	409,80	279,76	73,91
598,86	411,39	269,61	75,58
587,41	410,80	278,72	57,11
587,64	411,71	293,46	77,73

596,16	403,88	381,83	254,46	176,57	56,20	10,76
597,35	404,39	381,83	247,97	176,57	63,22	10,76
594,73	403,88	381,83	254,33	176,57	62,89	10,76
592,57	404,02	381,83	255,91	176,57	69,26	10,76
590,67	403,94	381,83	250,33	176,57	62,05	10,76
594,73	404,68	381,83	247,65	176,57	64,80	10,76
594,73	405,03	381,83	243,40	176,57	63,32	10,76
593,36	406,18	381,83	264,33	176,57	52,07	10,76
592,57	406,05	381,83	258,89	176,57	62,87	10,76
591,39	405,94	381,83	261,31	176,57	57,32	10,76
595,91	406,49	381,83	250,00	176,57	72,24	10,76
591,87	406,02	381,83	259,84	176,57	58,35	10,76
590,67	406,86	381,83	253,07	176,57	69,46	10,76
590,75	407,35	381,83	258,41	176,57	72,78	10,76
593,05	408,11	381,83	268,32	176,57	73,75	10,76
594,25	408,40	381,83	261,73	176,57	70,36	10,76
590,91	408,17	381,83	270,67	176,57	73,38	10,76
594,80	408,90	381,83	274,93	176,57	72,13	10,76
592,80	409,45	381,83	276,88	176,57	74,20	10,76
592,34	410,60	381,83	280,65	176,57	74,62	10,76
594,00	410,88	381,83	284,86	176,57	81,08	10,76
587,33	410,99	381,83	282,19	176,57	75,34	10,76
594,73	411,13	381,83	259,70	176,57	70,87	10,76
589,48	409,49	381,83	260,27	176,57	43,53	10,76
587,33	402,66	381,83	231,86	176,57	57,77	10,76
592,42	395,75	381,83	260,97	176,57	59,37	10,76
592,10	395,70	381,83	273,49	176,57	27,45	10,76
590,44	391,54	381,83	280,47	176,57	38,57	10,76
596,16	392,81	381,83	234,31	176,57	9,82	10,76
588,05	388,28	381,83	257,96	176,57	40,67	10,76
592,57	388,64	381,83	251,40	176,57	21,09	10,76
550,83	374,80	381,83	237,40	176,57	17,03	10,76
555,12	373,80	381,83	194,32	176,57	21,40	10,76
550,12	372,11	381,83	185,82	176,57	0,00	10,76
550,60	370,62	381,83	177,63	176,57	17,28	10,76
551,32	372,29	381,83	195,18	176,57	25,96	10,76
586,62	389,63	381,83	221,39	176,57	35,09	10,76
599,98	395,91	381,83	230,71	176,57	57,36	10,76
593,77	396,69	381,83	237,47	176,57	29,58	10,76
589,00	395,85	381,83	235,92	176,57	43,40	10,76
597,84	396,08	381,83	218,75	176,57	38,78	10,76
597,35	396,27	381,83	198,02	176,57	61,73	10,76
595,44	396,38	381,83	200,79	176,57	61,68	10,76
599,50	397,72	381,83	207,23	176,57	38,40	10,76
595,68	397,93	381,83	206,77	176,57	63,40	10,76
589,71	397,34	381,83	228,83	176,57	57,72	10,76
582,56	397,00	381,83	206,43	176,57	45,71	10,76
581,85	398,67	381,83	265,62	176,57	55,08	10,76
590,91	401,20	381,83	227,25	176,57	62,05	10,76
594,48	405,31	381,83	268,81	176,57	39,58	10,76
600,91	406,61	381,83	246,43	176,57	21,12	10,76
592,10	406,11	381,83	239,40	176,57	61,61	10,76
592,80	406,69	381,83	276,79	176,57	22,60	10,76
600,45	407,64	381,83	242,55	176,57	60,90	10,76

597,66	412,88	269,11	70,97
598,55	414,23	290,30	82,60
592,80	413,42	277,56	79,58
593,05	412,68	277,37	72,26
599,02	413,31	262,24	79,78
595,44	413,46	280,00	76,65
597,11	413,36	269,89	82,72
594,48	414,27	276,14	76,33
595,20	414,93	268,81	80,18
596,16	414,77	268,00	78,55
591,39	415,59	281,73	79,18
596,39	416,45	268,50	82,54
597,84	416,72	268,21	80,73
594,48	416,78	267,60	72,16
581,85	413,59	254,26	78,16
551,32	406,73	256,55	64,56
559,43	394,79	240,28	35,13
581,60	400,27	267,51	20,16
594,73	400,36	275,40	16,45
582,33	399,81	272,58	31,27
582,33	394,52	260,48	7,81
576,83	394,34	265,96	9,95
575,41	385,54	253,60	18,84
575,01	403,12	285,96	28,61
604,34	410,01	278,18	57,53
595,52	409,05	295,44	44,56
595,03	410,51	292,71	59,32
594,80	411,18	283,09	58,96
590,26	412,13	291,10	66,51
589,07	412,35	289,06	58,56
590,26	413,15	290,40	63,94
596,23	413,26	267,51	69,79
590,26	413,85	283,47	62,75
597,18	413,36	279,42	69,68
591,46	414,28	288,15	64,09
597,66	415,33	280,63	71,42
593,14	416,21	280,01	72,45
594,80	417,01	290,77	73,91
592,66	417,10	275,24	72,90
592,91	417,68	302,19	77,98
586,69	418,18	286,55	65,14
591,23	417,97	291,07	74,42
597,18	418,50	284,89	82,91
598,62	419,12	267,96	77,29
587,41	415,58	262,18	70,97
591,46	389,51	242,87	9,76
572,06	383,91	239,51	54,73

603,31	408,15	381,83	218,98	176,57	39,34	10,76
602,11	408,55	381,83	249,17	176,57	39,72	10,76
601,88	408,44	381,83	255,75	176,57	55,95	10,76
600,45	408,66	381,83	252,25	176,57	38,72	10,76
596,39	408,46	381,83	259,27	176,57	57,01	10,76
596,87	409,02	381,83	256,90	176,57	53,68	10,76
594,96	409,63	381,83	254,99	176,57	50,33	10,76
597,35	410,32	381,83	257,14	176,57	46,18	10,76
600,68	411,20	381,83	259,89	176,57	53,59	10,76
592,42	411,54	381,83	262,20	176,57	43,61	10,76
594,73	411,82	381,83	256,20	176,57	49,58	10,76
595,68	412,65	381,83	255,34	176,57	61,75	10,76
593,53	412,11	381,83	275,27	176,57	55,10	10,76
590,91	411,28	381,83	262,22	176,57	54,06	10,76
596,46	412,18	381,83	263,39	176,57	56,54	10,76
595,75	412,71	381,83	259,83	176,57	54,71	10,76
596,46	412,88	381,83	261,23	176,57	56,84	10,76
599,43	413,17	381,83	261,33	176,57	62,51	10,76
598,14	413,66	381,83	263,27	176,57	65,68	10,76
600,05	414,16	381,83	262,61	176,57	64,59	10,76
595,44	413,56	381,83	264,39	176,57	49,60	10,76
590,19	413,78	381,83	295,81	176,57	50,82	10,76
594,73	414,18	381,83	272,86	176,57	62,85	10,76
594,80	415,46	381,83	269,20	176,57	73,81	10,76
598,78	415,78	381,83	269,50	176,57	63,56	10,76
601,39	416,20	381,83	283,63	176,57	72,59	10,76
590,91	415,53	381,83	281,67	176,57	62,06	10,76
591,39	416,53	381,83	286,20	176,57	74,04	10,76
590,44	416,87	381,83	281,70	176,57	72,01	10,76
601,64	417,67	381,83	265,83	176,57	72,07	10,76
598,30	417,50	381,83	262,73	176,57	63,79	10,76
601,39	416,96	381,83	275,70	176,57	60,81	10,76
590,19	415,54	381,83	280,93	176,57	66,38	10,76
591,87	415,65	381,83	260,32	176,57	56,76	10,76
591,64	415,60	381,83	266,89	176,57	73,03	10,76
587,80	416,08	381,83	264,25	176,57	66,02	10,76
588,28	416,14	381,83	262,06	176,57	65,73	10,76
591,87	417,35	381,83	261,99	176,57	63,80	10,76
594,25	417,80	381,83	267,66	176,57	65,44	10,76
593,53	418,43	381,83	258,22	176,57	69,99	10,76
596,16	418,82	381,83	255,43	176,57	72,81	10,76
593,28	417,70	381,83	254,69	176,57	55,90	10,76
594,73	414,78	381,83	256,08	176,57	61,67	10,76
589,07	405,17	381,83	206,95	176,57	48,30	10,76
586,52	394,88	381,83	264,24	176,57	62,55	10,76
592,66	391,62	381,83	228,43	176,57	24,97	10,76

Lampiran 5 Tabel Data Perhitungan Hasil Pengujian

Table 5.0.1 Tabel Data Perhitungan Hasil Pengujian

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi bukaan Classifier Vane (%)	HGI	Prosentase Lolos (%)	Correction Factor HGI	Correction Factor untuk Prosentase lolos fineness	Correction Factor pembukaan sudut Classifier	Base kapasitas pulverizer HGI 49 Lolos 70% (T/h)	Kapasitas maksimum Pulverizer HGI 49 (T/h)	Coal Flow Max (T/h)	Coal Flow Aktual (T/h)	Actual Load (MW)	Superhe ater Spray Flow (t/h)
1,7:1	40	49	73,03%	0,975	0,942	0,885	54,858	44,584	267,502	261,735	584,102	154,383
1,7:1	45	49	71,58%	0,975	0,969	0,928	54,858	48,101	288,606	284,120	600,391	199,214
1,7:1	50	49	69,92%	0,975	0,999	0,957	54,858	51,130	306,781	288,510	600,447	219,817
1,7:1	55	49	68,21%	0,975	1,029	0,970	54,858	53,439	320,633	294,915	600,550	221,095
1,7:1	60	49	65,88%	0,975	1,070	1,000	54,858	57,262	343,570	298,500	601,161	227,926
1,8:1	40	49	72,75%	0,975	0,947	0,885	54,858	44,830	268,981	264,345	590,192	159,501
1,8:1	45	49	71,36%	0,975	0,973	0,928	54,858	48,301	289,808	288,730	600,055	208,389
1,8:1	50	49	69,45%	0,975	1,007	0,957	54,858	51,560	309,361	292,120	600,256	225,295
1,8:1	55	49	67,74%	0,975	1,038	0,970	54,858	53,867	323,201	297,525	600,513	226,248
1,8:1	60	49	65,43%	0,975	1,078	1,000	54,858	57,671	346,024	301,110	601,750	233,425
1,9:1	40	49	72,41%	0,975	0,953	0,885	54,858	45,129	270,771	265,432	592,103	161,849
1,9:1	45	49	70,83%	0,975	0,982	0,928	54,858	48,788	292,728	290,817	600,302	212,641
1,9:1	50	49	69,03%	0,975	1,015	0,957	54,858	51,948	311,689	294,207	600,980	227,631
1,9:1	55	49	67,20%	0,975	1,047	0,970	54,858	54,363	326,176	298,612	601,787	228,502
1,9:1	60	49	65,13%	0,975	1,083	1,000	54,858	57,952	347,714	302,197	601,914	235,374

Lampiran 6 Data Hasil Pengujian pada Superheater Attemperator Spray Flow

Table 5.2 Data DCS Pengujian dan perhitungan pada Superheater Attemperator Spray Flow

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane (%)	Actual Load (MW)	Coal Flow Aktual (T/h)	Superheater Spray Flow (T/h) persamaan 4.4	Superheater Flow Actual (T/h)	Gap Perhitungan dengan aktual (%)	Comissioning unit 6 hal 24	Keterangan
1,7:1	40	584,102	261,735	154,241	154,383	0,09%	202,235	Derating
1,7:1	45	600,391	284,120	194,127	194,215	0,04%	202,235	Full Load
1,7:1	50	600,447	288,510	213,930	213,818	-0,05%	202,235	Full Load
1,7:1	55	600,550	294,915	227,774	227,096	-0,30%	202,235	Full Load
1,7:1	60	601,161	298,500	231,962	232,926	0,42%	202,235	Full Load
1,8:1	40	590,192	264,345	159,475	159,501	0,02%	202,235	Derating
1,8:1	45	600,055	288,730	201,371	201,390	0,01%	202,235	Full Load
1,8:1	50	600,256	292,120	219,169	219,296	0,06%	202,235	Full Load
1,8:1	55	600,513	297,525	232,007	234,248	0,97%	202,235	Full Load
1,8:1	60	601,750	301,110	237,196	237,425	0,10%	202,235	Full Load
1,9:1	40	592,103	265,432	161,655	161,849	0,12%	202,235	Derating
1,9:1	45	600,302	290,817	202,557	203,641	0,54%	202,235	Full Load
1,9:1	50	600,980	294,207	222,354	223,632	0,57%	202,235	Full Load
1,9:1	55	601,787	298,612	234,187	236,503	0,99%	202,235	Full Load
1,9:1	60	601,914	302,197	239,376	240,374	0,42%	202,235	Full Load

Lampiran 7 Data Hasil Pengujian pada Reheater Attemperator Spray Flow

Table 5.3 Data Hasil Pengujian dan perhitungan pada Reheater Attemperator Spray Flow

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane (%)	Coal Flow Aktual (T/h)	Actual Load (MW)	Reheater Attemperator Spray Flow (T/h) persamaan 4.5	Reheater Attemperator Spray Flow Actual (T/h)	Gap Perhitungan dengan aktual (%)	Comissioning unit 6 hal 24	Keterangan
1,7:1	40	261,735	584,102	18,625	18,888	1,41%	10,757	Derating
1,7:1	45	284,120	600,391	24,505	24,929	1,73%	10,757	Full Load
1,7:1	50	288,510	600,447	34,619	33,663	-1,76%	10,757	Full Load
1,7:1	55	294,915	600,550	40,163	40,652	1,22%	10,757	Full Load
1,7:1	60	298,500	601,161	44,706	44,472	-0,52%	10,757	Full Load
1,8:1	40	264,345	590,192	20,476	20,366	-0,54%	10,757	Derating
1,8:1	45	288,730	600,055	27,775	27,638	-0,49%	10,757	Full Load
1,8:1	50	292,120	600,256	37,180	37,290	0,30%	10,757	Full Load
1,8:1	55	297,525	600,513	42,014	42,695	1,62%	10,757	Full Load
1,8:1	60	301,110	601,750	46,557	46,454	-0,22%	10,757	Full Load
1,9:1	40	265,432	592,103	21,248	21,390	0,67%	10,757	Derating
1,9:1	45	290,817	600,302	29,256	29,667	1,40%	10,757	Full Load
1,9:1	50	294,207	600,980	41,661	39,315	0,87%	10,757	Full Load
1,9:1	55	298,612	601,787	44,786	43,120	-1,72%	10,757	Full Load
1,9:1	60	302,197	601,914	47,329	48,269	1,99%	10,757	Full Load

Lampiran 8 Data Hasil Pengujian pada Flue Gas Temperature

Table 5.4 Data Hasil Pengujian dan perhitungan pada Flue Gas Temperature

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane (%)	Coal Flow Aktual (T/h)	Actual Load (MW)	Flue Gas temperature persamaan 4.6	Flue Gas temperature Actual (T/h)	Gap Perhitungan dengan aktual (%)	Comissioning Unit 6 hal 24	Keterangan
1,7:1	40	265,432	584,102	369,941	369,335	-0,16%	381,3	Derating
1,7:1	45	290,817	600,391	384,274	384,335	0,02%	381,3	Full Load
1,7:1	50	294,207	600,447	393,066	393,343	0,07%	381,3	Full Load
1,7:1	55	298,612	600,550	398,598	398,410	-0,05%	381,3	Full Load
1,7:1	60	302,197	601,161	401,694	402,359	0,17%	381,3	Full Load
1,8:1	40	264,345	590,192	372,195	372,732	0,14%	381,3	Derating
1,8:1	45	288,730	600,055	388,256	387,165	-0,28%	381,3	Full Load
1,8:1	50	292,120	600,256	396,184	396,371	0,05%	381,3	Full Load
1,8:1	55	297,525	600,513	400,852	402,468	0,40%	381,3	Full Load
1,8:1	60	301,110	601,750	403,949	404,866	0,23%	381,3	Full Load
1,9:1	40	261,735	592,103	373,134	374,895	0,47%	381,3	Derating
1,9:1	45	284,120	600,302	390,059	389,846	-0,05%	381,3	Full Load
1,9:1	50	288,510	600,980	397,987	399,512	0,38%	381,3	Full Load
1,9:1	55	294,915	601,787	401,791	401,759	-0,01%	381,3	Full Load
1,9:1	60	298,500	601,914	404,888	405,743	0,21%	381,3	Full Load

Lampiran 9 Perhitungan Total Heat Rate

Table 5.4 Data Hasil Perhitunagn Pengaruh (Nett Plant Heat Rate (NPHR))

Ratio Primary Air Fuel Ratio	Posisi pembukaan Classifier Vane	Coal Flow Aktual	Actual Load	Pengaruh thd NPHR Superheater spray flow (EPRI)	Pengaruh reheater Spray thd NPHR (EPRI)	Pengaruh Flue Gas Temp thd NPHR (EPRI)	Total Pengaruh terhadap NPHR	Potensi Kerugian		Kerugian Akibat Derating		Kondisi Sebelum Pengujian kondisi PACR 1,9:1 dan bukaan 60%		Hasil perbaikan Heatrate		Total Potensi Kerugian
	%	T/h	MW	kCal/kWh	kCal/kWh	kCal/kWh	kCal/kWh	Rp/jam	Rp/hari	Rp/jam	Rp/hari	kCal/kWh	Rp/hari	kCal/kWh	Rp/hari	Rp/hari
1,7:1																
1,7:1	45	284,120	600,391	-0,946	3,49	3,00	5,54	536.549	12.877.175	0	-	37,42	87.169.378	31,88	74.023.482	13.145.896
1,7:1	50	288,510	600,447	1,367	5,63	13,81	20,81	2.015.311	48.367.452	0	-	37,42	87.169.378	16,61	38.560.794	48.608.584
1,7:1	55	294,915	600,550	2,934	7,35	19,89	25,18	2.438.506	58.524.143	0	-	37,42	87.169.378	12,24	28.421.745	58.747.633
1,7:1	60	298,500	601,161	3,622	8,29	24,63	31,55	3.058.188	73.396.520	0	-	37,42	87.169.378	5,87	13.637.536	73.531.842
1,8:1																
1,8:1	45	288,730	600,055	-0,100	4,15	6,40	10,45	1.011.260	24.270.236	0	-	37,42	87.169.378	26,97	62.624.250	24.545.128
1,8:1	50	292,120	600,256	2,013	6,53	17,44	24,49	2.370.049	56.881.179	0	-	37,42	87.169.378	12,93	30.035.311	57.134.067
1,8:1	55	297,525	600,513	3,778	7,86	24,76	31,40	3.040.255	72.966.121	0	-	37,42	87.169.378	6,02	13.988.422	73.180.956
1,8:1	60	301,110	601,750	4,152	8,78	27,64	35,57	3.451.870	82.844.887	0	-	37,42	87.169.378	1,85	4.288.287	82.881.091
1,9:1																
1,9:1	45	290,817	600,302	0,166	4,65	9,62	14,43	1.397.147	33.531.528	0	-	37,42	87.169.378	22,99	53.377.621	33.791.757
1,9:1	50	294,207	600,980	2,525	7,03	21,21	27,76	2.690.767	64.578.416	0	-	37,42	87.169.378	9,65	22.419.144	64.750.234
1,9:1	55	298,612	601,787	4,044	7,96	23,91	33,92	3.291.265	78.990.361	0	-	37,42	87.169.378	3,50	8.136.484	79.032.894
1,9:1	60	302,197	601,914	4,500	9,23	28,69	37,42	3.632.057	87.169.378	0	-	37,42	87.169.378	0,00	-	87.169.378

Lampiran 10 Desain manual Book Pulverizer

DP.1.1.3 Design Description

Six MPS-89N pulverizers were selected for the Suralaya project based on a requirement for sufficient capacity to provide maximum continuous rating (MCR) fuel flow under the following conditions:

- worn pulverizers
- fuel HHV 4225 kcal/kg
- total moisture (surface & inherent) of 28.3 %
- grindability (HGI) of 59.4
- coal fineness of 70% through 200 mesh

Actual fuel throughput is affected by the coal grindability and surface moisture.

The pulverizer has a nominal or "base" capacity based on a standardized coal moisture, grindability (HGI) and fineness.

The base capacity of the MPS-89N is as follows:

Table 1: MPS-89N Capacity

Mill Size	Base capacity, mtph (lb/hr) 50 HGI Coal 70% passing 200 mesh	Base air flow mtph (lb/hr) 65°C (150°F) mill outlet temp
MPS-89N	56.2 (124,000)	98.9 (218,000)

The variations in capacities are made possible by a few differences in the mill design. The main differences are as follows:

- The MPS-89N uses a tire diameter of 1651 mm (65 inches).
- The grinding table on the MPS-89N rotates at 23.5 rpm.
- The installed motor size is rated at 850 HP 3000 V.

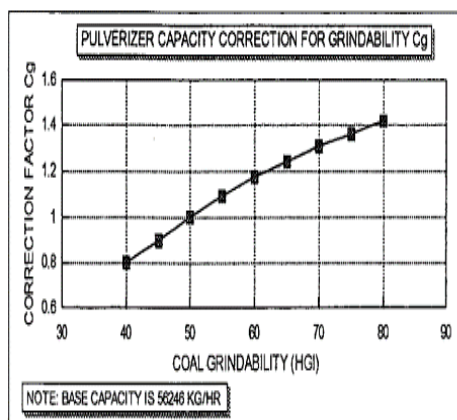
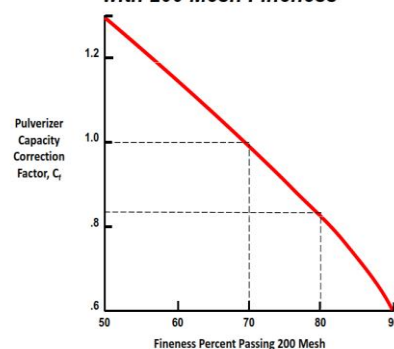
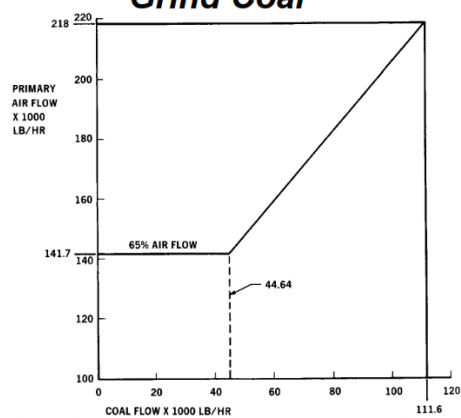


Figure 3

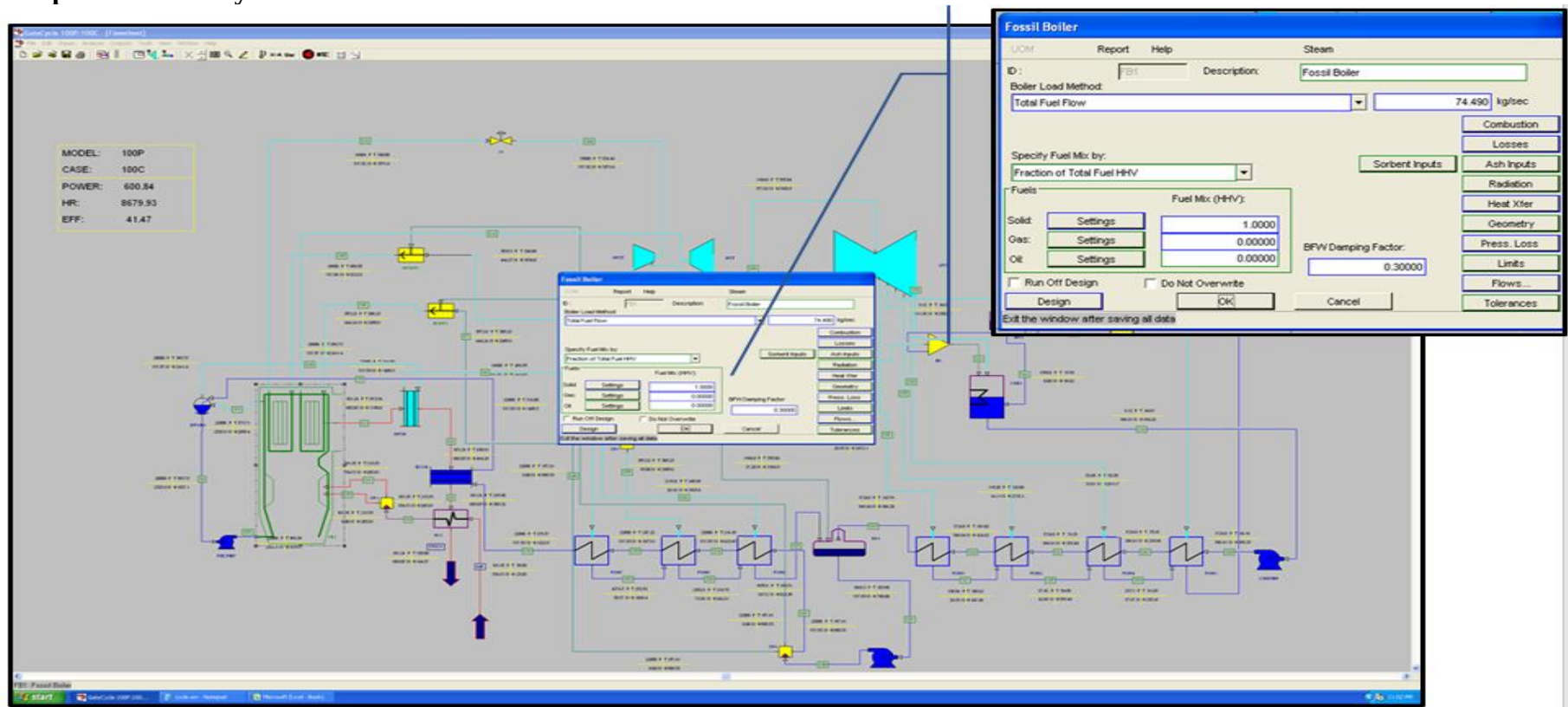
B&W Roll Wheel Pulverizer Capacity Correction with 200 Mesh Fineness



**Typical B&W-89N Coal-Air Curve for 45
Grind Coal**



Lampiran 11 Gate cycle 6.1



Proses produksi 100 MCR membutuhkan minimum Coal Flow Rate sebesar: 74,490 kg/s (268,164 T/h)

Gambar 5.4 Modeling dengan Gate Cycle 6.1

Lampiran 12 Dokumentasi Proses Experimen



Kondisi Pulverizer Unit 6



**Pengambilan sample
batubara**



**Pengambilan sample Uji
Kinematic**



**Alat uji isokinetic sampling
test**



**Fineness sample batubara dari
coal pipe**



Alat uji dirty pitot test



**Pemasngan alat uji pada coal
pipe**



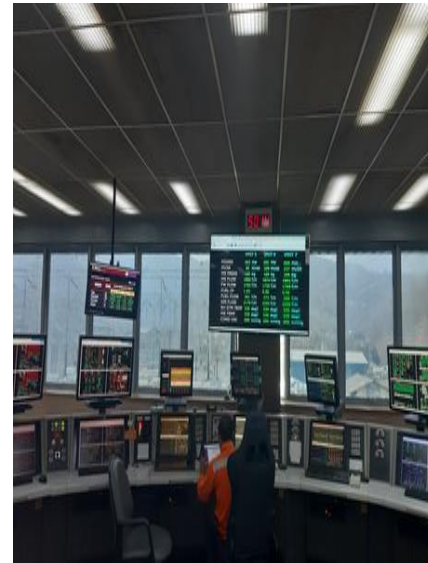
**Hasil pengujian dirty pitot
test**



**Posisi gearbox pengatur
bukaan *classifier vane*
*pulverizer***



**Kondisi Piryte box
Pulverizer**



Control Room Unit 6

Gambar 5.5 Dokumentasi Proses Perbaikan

BIOGRAFI PENULIS



Imam Dwi Prasetyo, Lahir di Sleman, Yogyakarta pada tanggal 09 Desember 1982, merupakan putra bungsu dari pasangan Bapak Tuyadi dan Ibu Suhartuti. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Cungkuk dan lulus pada tahun 1995. Pendidikan menengah pertama ditempuh di SMPN 1 Sleman dan lulus pada tahun 1998. Pendidikan Menengah Atas ditempuh di SMKN 3 Yogyakarta dan lulus tahun 2001, selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Gadjah Mada Jogjakarta dan lulus tahun 2006. Selanjutnya pada tahun 2018, penulis melanjutkan pascasarjana di Departemen Teknik Mesin , Program Studi S2 Teknik Mesin Bidang Managemen Energi, Kelas Kerjasama PT Indonesia Power Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.