



TESIS-TM185400

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
MILL AIR FUEL RATIO TERHADAP FINENESS
PADA PULVERIZER PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP 600 MW DI INDONESIA**

BINTORO ADI NUGROHO, ST
NRP. 2111750078009

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani M.Eng

Program magister
Bidang studi manajemen energi
Kerjasama PT Indonesia Power
Departemen teknik mesin
Fakultas teknologi industri dan rekayasa sistem
Institut teknologi sepuluh nopember
Surabaya
2020



TESIS-TM185400

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI
MILL AIR FUEL RATIO TERHADAP FINENESS
PADA PULVERIZER PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP 600 MW DI INDONESIA**

**BINTORO ADI NUGROHO, ST
NRP. 2111750078009**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani M.Eng**

**Program magister
Bidang studi manajemen energi
Kerjasama PT Indonesia Power
Departemen teknik mesin
Fakultas teknologi industri dan rekayasa sistem
Institut teknologi sepuluh nopember
Surabaya
2020**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

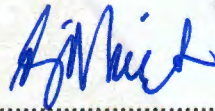
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
BINTORO ADI NUGROHO
02111750078009

Tanggal Ujian: 18 Januari 2020
Periode Wisuda: Maret 2020

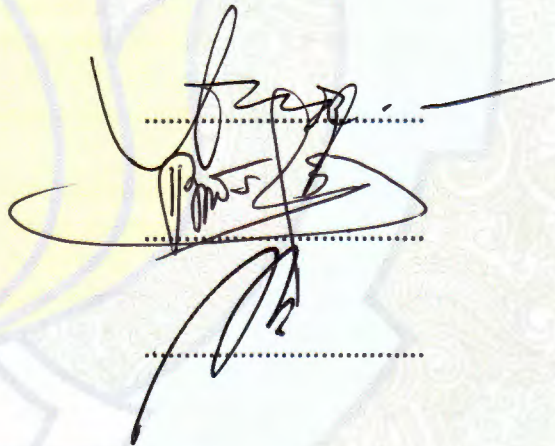
Disetujui oleh:
Pembimbing:



1. Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng
NIP 196505051990031005

Penguji:

1. Dr. Ir. Budi Utomo Kukuh W., ME
NIP 195312191981031001
2. Bambang Arip D., S.T., MSc., Ph.D
NIP 197804012002121001
3. Ary Bachtiar K. P., S.T., M.T., Ph.D
NIP 197205241997021001



Kepala Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



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

Halaman ini sengaja dikosongkan

**Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Mill Air Fuel Ratio
Terhadap Fineness Pada Pulverizer Pembangkit Listrik Tenaga
Uap 600 MW Di Indonesia**

Mahasiswa Nama : Bintoro Adi Nugroho, ST
Mahasiswa ID : 02111750078009
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga uap di Indonesia dengan kapasitas di atas 600 MW menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Pembangkit listrik tenaga uap ini dirancang menggunakan "coal pulverized front-rear boilers" dan batubara berjenis sub-bituminus yang mengandung karbon sekitar 55% - 86% yang berasal dari Bukit Asam sebagai desainnya. Karena ada keterbatasan pasokan dari Bukit Asam maka akan dipasok juga dengan menggunakan batubara dari Kalimantan Timur seperti batubara Berau. Spesifikasi batubara dari Bukit Asam berbeda dengan yang dari Berau. Ini akan memberikan efek perubahan dalam jumlah pemakaian (feed-rate) batubara yang berbeda dari desain aslinya. Pada kapasitas 500-600 MW (Beban Penuh) laju pemakaian (feed-rate) bertambah sebesar 25,91 T/jam.

Penurunan kinerja pulverizer akan menyebabkan tingkat kualitas kehalusan batubara akan kurang dari 70% pada fineness 200 mesh. Ini akan menghasilkan keterlambatan pembakaran batubara yang ditunjukkan oleh parameter metal temperature pada secondary superheater yang meningkat. Pengujian eksperimental ini dilakukan dengan objek pulverizer "C" di unit 6 dari pembangkit listrik tenaga uap ini untuk menentukan hubungan karakteristik pulverizer pada mill air-fuel ratio tertentu. Kualitas fineness pada pulverizer tergantung pada pengaturan variasi mill air-fuel ratio (MAFR) seperti (1.7: 1), (1.8: 1), (1.9: 1), dan variasi bukaan vane classifier seperti 40 %, 45%, 50%, 55%, 60%.

Dari penelitian eksperimental ini, diketahui bahwa dalam karakteristik batubara berau, pengaturan pembukaan vane classifier, dan pengaturan MAFR akan mempengaruhi tingkat kualitas fineness pada ukuran 200 mesh. Data eksperimental dapat diamati bahwa pada feeding batubara Berau yang memiliki karakteristik batubara Sub-bituminous dengan kelembaban total 21,42% Wt dan HGI 50, dengan menetapkan MAFR adalah (1.8: 1), dan classifier dibuka 45% untuk pulverizer batubara pada unit 6 akan menghasilkan tingkat kehalusan fineness pada ukuran 200 mesh yang paling tinggi, sehingga performance pembakaran akan optimal dengan total luas permukaan kontak pembakaran sebesar 64,844 cm² pada setiap 100gr fineness. Dan ditunjukkan pada penurunan metal temperature pada secondary superheater pada 564,59 °C di bawah batas operasional.

Kata kunci : *pulverizer, pulverized coal, fineness, mill air fuel ratio, classifier, metal temperature, secondary superheater*

**Experimental Study The Effect Of The Variation Of The Mill Air
Fuel Ratio On Fineness In The Pulverizer Of The 600 MW
Indonesian Steam Power Plant**

Student Name : Bintoro Adi Nugroho, ST
Student ID : 02111750078009
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng

ABSTRAK

Steam power plants in Indonesia with capacities above 600 MW use coal as fuel. The steam power plant was designed using "coal pulverized front-rear boilers" and sub-bituminous type coal containing around 55% - 86% carbon originating from Bukit Asam as the design. Due to limited supply from Bukit Asam will also be supplied by using coal from East Kalimantan such as Berau coal. The specifications of coal from Bukit Asam are different from those of Berau. This will have the effect of changing the amount of coal feed-rate that is different from the original design. At a capacity of 500-600 MW (Full Load) the feed rate increases by 25.91 T / hr using Berau coal which will greatly affect the capacity and performance of the pulverizer.

Pulverizer performance decline will cause the level of coal fineness quality will be less than 70% at 200 mesh fineness. This will result in a coal-burning delay which is indicated by the increased metal temperature parameter in the secondary superheater. This experimental test was carried out with the "C" pulverizer object in unit 6 of this steam power plant to determine the relationship of the characteristics of the pulverizer at certain mill air-fuel ratios. The quality of the fineness of the pulverizer depends on setting mill air-fuel ratio (MAFR) variations such as (1.7: 1), (1.8: 1), (1.9: 1), and variations in vane classifier openings such as 40%, 45%, 50%, 55%, 60%.

From this experimental study, it is known that in the characteristics of berau coal, vane classifier opening arrangement and MAFR regulation will affect the level of fineness quality at 200 mesh size. Experimental data can be observed that in feeding Berau coal which has the characteristics of Sub-bituminous coal with a total humidity of 21.42% Wt and HGI 50, by setting the MAFR (1.8: 1), and the classifier is opened 45% for coal pulverizer in unit 6 will produce fineness at the highest 200 mesh size, so that the performance of combustion will be optimal with a total combustion contact surface area of 64.844 cm² for every 100gr fineness. And it is shown in the reduction in metal temperature at the secondary superheater at 564.59 oC below the operational limit.

Keywords : *pulverizer, fineness, mill air fuel ratio, classifier, metal temperature, secondary superheater*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Study Eksperimental Pengaruh Variasi Mill Air Fuel Ratio Terhadap Fineness Pada Pulverizer Pembangkit Listrik Tenaga Uap 600 MW Di Indonesia**”. Penyusunan tesis ini merupakan persyaratan kelulusan Program Studi S-2 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari keberhasilan penulisan tesis ini mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penulisan tesis ini, antara lain kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichسانی, M.Eng. selaku dosen pembimbing tesis yang sangat membantu mengarahkan dan membimbing penulis dalam prose perencanaan, pelaksanaan dan penyelesaian tesis ini.
2. Dr. Ir. Budi Utomo Kukuh W, ME.; Bambang Arip D, ST. MSc. PhD.; Ary Bachtiar K P, ST. MT. Ph.D. selaku dosen penguji tesis penulis.
3. PT. Indonesia Power yang memberikan beasiswa dan kesempatan tugas belajar S2 di Jurusan Teknik Mesin ITS.
4. Bapak Amlan selaku General Manager PT Indonesia Power Suralaya PGU
5. Orang tua, istri, anak-anak dan keluarga yang selalu mendoakan keberhasilan penulis baik dalam pendidikan, pekerjaan maupun kehidupan.
6. Segenap Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin ITS.
7. Rekan-rekan S-2 Jurusan Teknik Mesin Manajemen Energi.
8. Rekan-rekan Suralaya PGU yang telah banyak membantu dalam pengambilan data.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan tesis ini namun hal tersebut bukanlah sesuatu yang disengaja, tetapi semata-mata disebabkan karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi

kesempurnaan. Akhir kata, semoga Tesis bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa,
khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	7
1.3 Batasan Masalah	8
1.4 Tujuan Penelitian	9
1.5 Relevansi dan Manfaat Hasil Penelitian	9
1.5.1 Sisi Ekonomi	9
1.5.2 Sisi Iptek	9
1.5.3 Sisi Manfaat Masyarakat.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Proses Pembakaran Batubara	11
2.1.1 Drying	11
2.1.2 Devolatilization	11
2.1.3 Char Combustion	11
2.2 Pengertian dan Konsep Operasi Pulverizing.....	12
2.2.1 <i>Pulverizer</i> MPS 89N	14

2.3 Literature Review <i>Grindability testing of lignite</i>	18
2.4 Literature Review Efek perubahan ukuran feeding batubara terhadap kualitas <i>pulverized fineness</i>	19
2.5 Literature Review Efek moisture pada batubara terhadap grindability.	20
2.6 Literature Review Efek Variasi Sudut <i>Classifier</i>	23
2.7 Isokinetic Coal Sampling.....	25
2.8 Kecepatan terminal / <i>Terminal Velocity</i>	26
2.9 Luas permukaan kontak pembakaran	29
2.10 Balance Energy Coal <i>Pulverizer</i>	30
2.11 Mill Air Fuel Ratio	31
2.12 Karakteristik batubara.....	32
2.12.1 Proximate Analysis.....	32
2.12.2 Ultimate Analysis Analisis	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Pemetaan Parameter yang mempengaruhi performansi Pembakaran...	35
3.2 Tahapan penelitian.....	36
3.2.1 Studi Kasus	36
3.2.2 Studi Literatur	36
3.2.3 Penyiapan peralatan operasi	36
3.2.4 Pengumpulan Data.....	37
3.2.5 Perhitungan.....	37
3.2.6 Analisa dan Kesimpulan.....	37
3.3 Flow Chart penelitian	38
3.3.1 Prosedur Pengambilan Data Eksperimen	38
3.4 Pelaksanaan Eksperimen	41
3.4.1 Pengujian Kualitas Batubara	43

3.4.2	Pengambilan data operasi dan pengambilan sampel.....	46
3.4.3	Peralatan Pendukung.....	49
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1	Analisa Sampling batuabara.....	55
4.2	Analisa data experimental.....	55
4.2.1	Data Coal Pipe Velocity.....	56
4.2.2	<i>Pulverized fineness Quality</i>	58
4.2.3	Perhitungan Luas permukaan kontak pembakaran.....	62
4.2.4	Kadar Moisture di dalam <i>Pulverized Fineness</i>	66
4.2.5	Pengaruh pada <i>metal temperature secondary super heater</i>	68
4.3	Analisa kualitatif dari studi experimental.....	71
BAB V	PENUTUP.....	73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....		xv
LAMPIRAN.....		xviii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 perbandingan Actual Coal Flow dan Batubara Desain (Data Logger 18 November-29 Desember 2018)	4
Gambar 1.2 Metal Temperature SSH VS Batasan operasi (Berau)	5
Gambar 1.3 Lokasi overheating pada boiler	6
Gambar 1.4 boiler Leak Tube Historical (2014-2018).....	6
Gambar 2.1 Furnance Residence time	12
Gambar 2.2 The coal recirculation inside Pulverizer.....	14
Gambar 2.3 Kontruksi Coal <i>Pulverizer Pulverizer</i> MPS 89 di unit PLTU (Babcock and Wilcox Company, 2006)	16
Gambar 2.4 Lalan partikel batubara melalui <i>classifier</i> didalam <i>pulverizer</i> (Storm, 2015)	16
Gambar 2.5 Skema Direct-fired, hot fan system for pulvurezed coal (Babcock and Wilcox Company, 2006)	16
Gambar 2.6 Pulverizer capacity correction factors	17
Gambar 2.7 Variation of grindability index with moisture content, NorthDakota lignites (average of standard and corrected values)	19
Gambar 2.8 Effect of a step change of make-up feed size.....	20
Gambar 2.9 Plot of the HGI versus % moisture of Central Banko coal for different feed measurement.....	22
Gambar 2.10 Plot of the HGI versus % moisture of Senakin coal for different feed measurement.	22
Gambar 2.11 Plot of the HGI versus % moisture of Suban Jeriji coal for different feed measurement.....	23
Gambar 2.12 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukakan Vane angle VS % Coal Mass Flow rate.	24
Gambar 2.13 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukakan Vane angle VS % efisiensi	24
Gambar 2.14 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukakan Vane angle VS % terhadap % lolos 75 mesh	25

Gambar 2.15 The Dirty Air Probe	26
Gambar 2.16 The Isokinetic Coal Sampler	26
Gambar 2.17 Free-body diagram of a coal in primary air fluid	27
Gambar 2.18 Hubungan antara Darg Coefficient dan Particle Reynold Number (Riaz & Türker, 2018)	28
Gambar 2.19 Balance Energi di Coal <i>Pulverizer</i>	31
Gambar 2.20 coal flow dan primary air flow pada pulverizer.....	32
Gambar 3.1 Pemetaan Parameter Yang Mempengaruhi Performance Pembakaran Boiler Unit PLTU	35
Gambar 3.2 Flowchart Penelitian	38
Gambar 3.3 Flowchart Metode Eksperimen.....	40
Gambar 3.4 Skema object penelitian unit PLTU.....	41
Gambar 3.5 Penyesuaian waktu pengujian terhadap beban maksimum 600MW (100% MCR)	41
Gambar 3.6 Penyesuaian parameter operasi pada variasi MAFR	42
Gambar 3.7 Penyesuaian parameter operasi pada variasi opening classifire	42
Gambar 3.8 Ilustrasi Classifier Pulverizer MPS 89N PLTU pada posisi pembukaan 100% (Babcok and Wilcox Company, 2006)	43
Gambar 3.9 Sampling raw coal on coal feeder.....	43
Gambar 3.10 Equal Traverse point grid for circular ducts and pipes.....	46
Gambar 3.11 Schematic & pengambilan data <i>fineness</i> pada coal pipe (Babcok and Wilcox Company, 2006).....	47
Gambar 3.12 Pengambilan dirty velocity pada coal pipe	47
Gambar 3.13 Parameter metal Temperatur pada Data Logger	48
Gambar 3.14 Log sheet Monitoring parameter operasi pulverizer.....	48
Gambar 3.15 Chassis Dynamometer Dynostar LECO D70	49
Gambar 3.16 Dual Range Sulfur Analyzer LECO S-144DR	50
Gambar 3.17 DAQ Pro 5300 dan Thermocouple	51
Gambar 3.18 Termogravimetri Leco TGA-601	52
Gambar 3.19 Elemental Analyzer Leco CHN-200.....	53
Gambar 4.1 Coal Pipe velocity terhadap setting Mill Air Fuel Ratio	58
Gambar 4.2 <i>Fineness</i> pass 200 mesh (74 μ m) on difference setting MAFR	60

Gambar 4.3 %Fineness 200 mesh terhadap MAFR pada variasi Opening Vane Classifire	61
Gambar 4.4 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.7:1	63
Gambar 4.5 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.8:1	64
Gambar 4.6 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.9:1	65
Gambar 4.7 Luas permukaan kontak pembakaran terhadap variasi Mill Air Fuel Ratio	66
Gambar 4.8 moisture in fineness on difference setting MAFR	68
Gambar 4.9 Metal temperature SSH terhadap setting MAFR (1.7:1) (1.8:1) (1.9:1)	70

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Design Coal Analysis in performance	2
Tabel 1.2 Realisasi pasokan Batubara 2018	3
Tabel 1.3 Komparasi karakteristik batubara Bukit Asam, Kalimantan Timur (Berau), Kalimantan Selatan (Adaro)	3
Tabel 1.4 Hasil Pengujian Pulverized Fineness pada PLTU	5
Tabel 2.1 MPS-89N Capacity	18
Tabel 2.2 Coal analisis Central Banko, Suban Jenji, Senakin	20
Tabel 2.3 Percentage Moisture Obtained for All Samples	21
Tabel 4.1 Analisa Kualitas Batubara Berau	55
Tabel 4.2 Data Coal Pipe Velocity pada MAFR 1.7:1	56
Tabel 4.3 Data Coal Pipe Velocity pada MAFR 1.8:1	56
Tabel 4.4 Data Coal Pipe Velocity pada MAFR 1.9:1	57
Tabel 4.5 <i>Fineness</i> lolos 200 mesh pada MAFR 1.7:1	58
Tabel 4.6 <i>Fineness</i> lolos 200 mesh pada MAFR 1.8:1	59
Tabel 4.7 <i>Fineness</i> lolos 200 mesh pada MAFR 1.9:1	59
Tabel 4.8 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.7:1 .	62
Tabel 4.9 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.8:1 .	63
Tabel 4.10 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.9:164	
Tabel 4.11 MOISTURE (% wt) in <i>fineness</i> pada MAFR 1.7:1	66
Tabel 4.12 MOISTURE (% wt) in <i>fineness</i> pada MAFR 1.8:1	67
Tabel 4.13 MOISTURE (% wt) in <i>fineness</i> pada MAFR 1.9:1	67
Tabel 4.14 Metal Temp Secondary Super Heater (°C) pada MAFR 1.7:1	68
Tabel 4.15 Metal Temp Secondary Super Heater (°C) pada MAFR 1.8:1	69
Tabel 4.16 Metal Temp Secondary Super Heater (°C) pada MAFR 1.9:1	69
Tabel 4.17 Tabel analisa Kualitatif studi experimental	71

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara ini memiliki kapasitas daya terpasang 600 MW. Dimana tenaga listrik dihasilkan dari generator listrik yang diputar oleh turbin uap. Bahan bakar padat yang dipakai pada desain PLTU ini adalah batubara yang berasal dari sumber tambang dari PT Bukit Asam, dengan jenis *subbituminous*. Batubara tersebut mengandung kadar carbon sekitar 55 % - 86 % dengan kalori sebesar 5245 kCal/kg dan rata-rata kandungan *moisture* sebesar 25-28 % H₂O sesuai pada Tabel 1.1.

Batubara yang akan masuk kedalam furnace boiler diperlukan pelakuan khusus agar kalori yang terkandung didalam batubara dapat terserap sebanyak mungkin didalam boiler dan batubara dapat terbakar dengan sempurna. *Boiler* adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau uap. Komponen penting pada *boiler* adalah *burner*, ruang bakar, *tube* penukar panas dan sistem *control*. *Boiler* merupakan salah satu peralatan utama dalam sebuah pembangkit listrik tenaga uap yang berfungsi untuk mengubah air umpan *boiler* (*demin water*) menjadi uap panas (*superheated steam*). Uap panas (*superheated steam*) produk dari *boiler* ini nantinya digunakan sebagai penggerak turbin uap yang porosnya dirangkai dengan generator untuk menghasilkan energi listrik. Berdasarkan tipe boilernya PLTU ini merupakan pembangkit listrik bertipe "*front rear fired pulverized coal boiler*". Karakteristik batubara, sangat berpengaruh terhadap pola pembakaran dan efisiensi *boiler*. Untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi maka temperatur ruang bakar harus dalam kondisi yang paling optimal sesuai desain sehingga pembakaran akan berjalan lebih sempurna, sehingga *losses-losses* yang ada di *boiler* dapat diminimalisir.

Untuk mencapai hal tersebut diperlukan peralatan berupa *pulverizer* yang digunakan untuk menghasuskan batubara yang masuk dari menjadi serbuk

pada ukuran tertentu yang disebut dengan *pulverized fineness*. Tingkat kehalusan inilah yang merupakan kualitas terukur dari suatu *pulverizer*.

Tabel 1.1 Design Coal Analysis in performance

Parameter	Performance
Fuel HHV	5245 kCal/kg
HGI	61.8
Total Moisture	23.6
Ash	7.8
Volatiles	30.3
Fixed Carbon	38.3
Sulfur	0.4
Ash Content	7.8 %
Carbon	54.2 %
Hidrogen	3.9 %
Nitrogen	0.9 %
Oxygen	9.2 %

Pada ukuran atau jenis *pulverizer* yang sama, kualitas produk dari *pulverizer* berupa *pulverized fineness* (PF) dapat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain nilai *Hardgrove Grindability Index* (HGI), kandungan air dalam batubara (*Total Moisture*), jumlah abu didalam batubara (*Ash Content*), dan juga *Mill Air Fuel Ratio* (MAFR) dari laju aliran udara yang mengalir dari *Primary Air* (PA) dan laju dari *coal feeder* (CF) yang disesuaikan dengan setting dari pembukaan *vane classifier*. Untuk dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna pada *boiler* pada desain dibutuhkan lebih dari 70% produk berupa *pulverized fineness* dengan ukuran butir lolos 200 mesh ($<74\mu\text{m}$) (*Pulverized Fineness*). Kualitas *pulverized fineness* yang rendah akan mempengaruhi pada proses pembakaran didalam boiler dikarenakan oleh berkurangnya luasan kontak pembakaran sehingga *residence time* menjadi lebih lama.

Pada tahun 2018 penjualan batubara dari tambang PT Bukit asam ke pasar domestik sebesar 14 juta ton, sementara kuota kewajiban *domestic market obligation* (DMO) PTBA sekitar 6 juta ton. Dengan adanya kebijakan tersebut maka berdampak pada keterbatasan pasokan batubara dari PT Bukit Asam ke PLTU sebagai pemasok batubara desain seperti pada Tabel 1.2, dan untuk kebutuhan

PLTU secara total, diperlukannya strategi pengamanan batubara dari pemasok-pemasok berbeda seperti yang terdapat di Kalimantan Timur dan Selatan.

Tabel 1.2 Realisasi pasokan Batubara 2018

No	Nama Pemasok	Volume Kontrak (MT)	Volume Realisasi Tahun 2018 (MT)
1	PT Bukit Asam	5.200.000	3.541.084
2	PT Adaro Indonesia	1.500.000	1.556.420
3	PT Berau Coal	1.500.000	1.846.807
4	PT Kideco Jaya Agung	1.000.000	1.049.392
5	PT Oktasan Baruna Persada	1.200.000	1.373.614
6	PT PLN Batubara	3.000.000	2.899.519
7	PT Artha Daya Coalindo	720.000	489.703
TOTAL		14.120.000	12.848.828

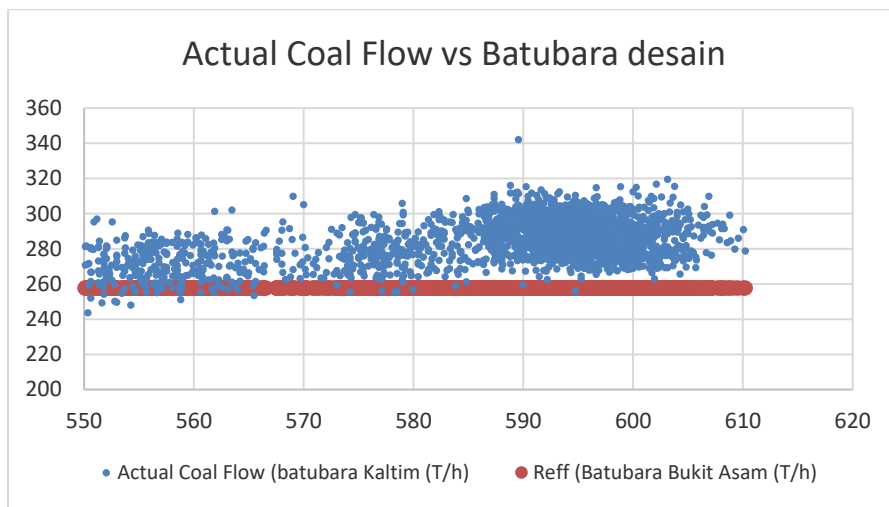
Pemilihan batubara dari pemasok yang berbeda ini dilakukan dengan tetap memperhatikan perbandingan kualitas batubara yang relatif seimbang sesuai pada Tabel 1.3, juga mempunyai ketersediaan yang relatif banyak untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar PLTU .

Tabel 1.3 Komparasi karakteristik batubara Bukit Asam, Kalimantan Timur (Berau), Kalimantan Selatan (Adaro)

Parameter	Batubara Bukit Asam	Batubara Kalimantan Timur	Batubara Kalimantan Selatan
Fuel HHV	5204 kCal/kg	4961 kCal/kg	4830 kCal/kg
HGI	60	49	46
Total Moisture	28,56	24,94	29,19
Ash Content	3,0 %	5,53%	1,38%
Carbon	53,0 %	48,38 %	54,02 %
Hidrogen	4,08 %	3,44 %	0,68 %
Nitrogen	0,6 %	0,40 %	0,11 %

Dengan dipilihnya penambahan pasokan batubara dari Kalimantan untuk memenuhi pasokan kebutuhan batubara maka memiliki dampak yang mempengaruhi kinerja dari peralatan unit pembangkit yang ditandai dari peningkatan *coal flow* untuk memenuhi kebutuhan *feeding* batubara ke unit

pembangkit. Dari Gambar 1.1 tersebut terlihat bahwa jumlah feed rate (*coal flow*) terhadap batubara kalimantan timur lebih tinggi dibandingkan dengan batubara Bukit Asam. Beban antaran 550-600 MW (beban Full Load) feed rate apabila menggunakan batubara Bukit Asam (desain) adalah 257,7 T/h sedangkan apabila menggunakan batubara Kalimantan Timur (Berau Coal) adalah rata-rata 283,61 T/h. Dengan adanya selisih 25,91 T/h *feed rate* batubara akan mempengaruhi kemampuan kapasitas dan performa dari *pulverizer*.

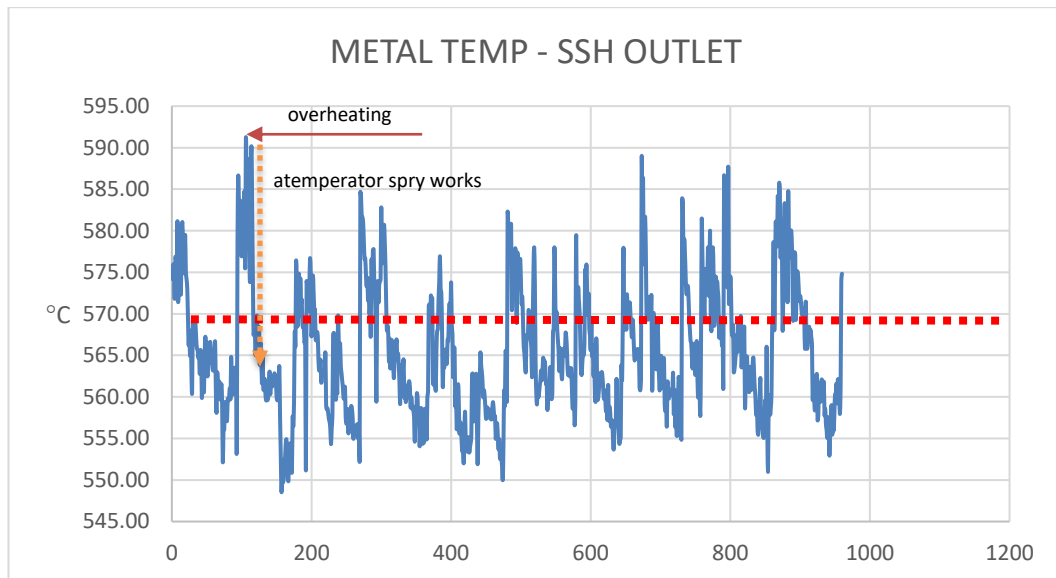


Gambar 1.1 perbandingan Actual Coal Flow dan Batubara Desain (Data Logger 18 November-29 Desember 2018)

Batubara kalimantan timur juga memiliki karakteristik yang berbeda dari sisi karakteristik Hardgrove Grindability Index (HGI) yaitu sebesar 49. Sedangkan desain untuk batubara bukit asam sebesar 60. Hal ini juga akan mempengaruhi oleh kemampuan kapasitas dan performa dari *pulverizer*. Dari hasil pengambilan dan pengukuran akan sample *pulverized fineness* yang dilakukan di bulan Desember 2018 pada *feeding* batubara Berau tersebut diambil pada setting MAFR (1.9 :1) dengan pembukaan classifier 50%, Tabel 1.4. Diketahui Kondisi ukuran butiran batubara (*pulverized fineness*) yang kurang dari batasan 70%. Hasil kualitas tersebut sangat mempengaruhi kinerja dan efisiensi boiler. Pengaruh ukuran fineness tersebut dapat diketahui dari parameter *metal temperature secondary super heater*.

Tabel 1.4 Hasil Pengujian Pulverized Fineness pada PLTU

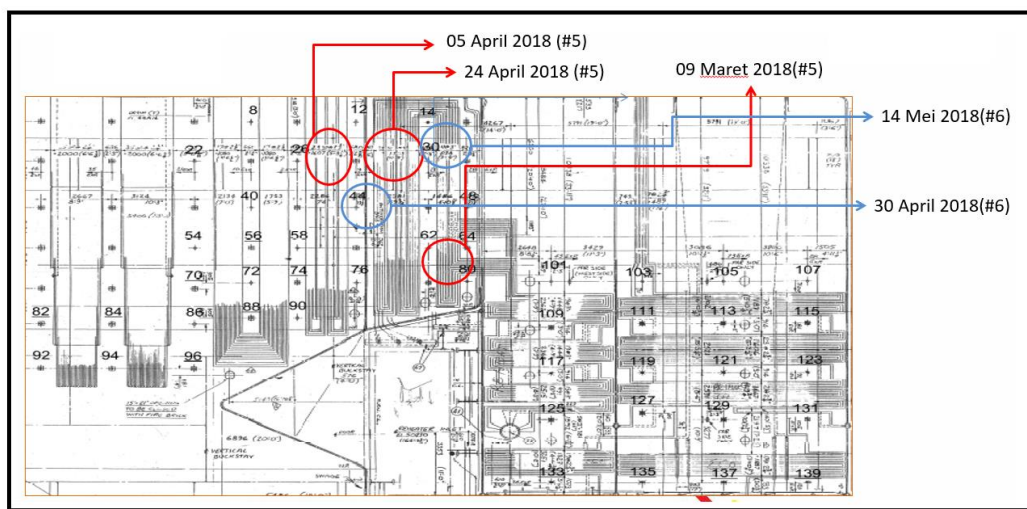
NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL	FINENESS (%)		METODE UJI	BUKAAAN CLASSIFIER
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		
				BATASAN < 0,3%	BATASAN ≥ 70%	ASTM	
01	20 Desember 2018	600	A2	2.58	56.34	D197-87(2012)	50%
02			A6	1.54	56.87		
03			C3	1.56	66.80		50%
04			C5	2.26	64.24		
05			D1	0.74	44.68		55%
06			D2	0.54	47.27		
07			E1	2.54	69.71		50%
08			E2	1.96	69.94		
09			F1	0.32	71.72		50%
12			F5	0.38	72.07		



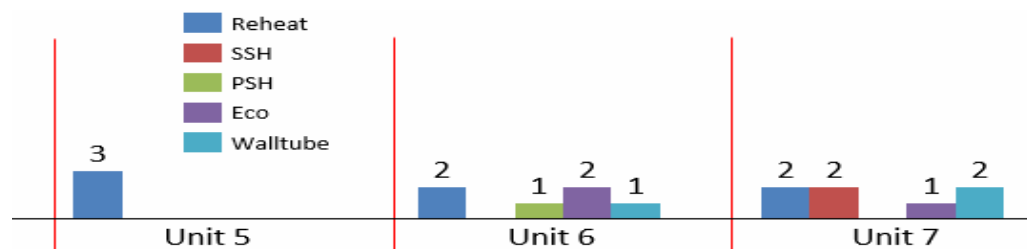
Gambar 1.2 Metal Temperature SSH VS Batasan operasi (Berau)

Dari Gambar 1.2 diatas diketahui terdapat kenaikan *metal temperature secondary super heater* saat menggunakan batubara Berau Coal dibandingkan dengan menggunakan batubara Bukit Asam (desain). Setting dari MAFR dan vane classifier yang digunakan adalah MAFR (1,7:1) dengan bukan classifire 50%. Pada data diatas ketika metal temperature pada Secondary super heater meningkat melenihi Batasan desain maka alarm pada system proteksi akan menyala dan mengaktifkan spray dari atemperator. Penurunan temperature terjadi akibat spray atemperator dan berhenti saat melewati batasan normal. Tingkat *metal temperature*

secondary super heater tertinggi mencapai 590,52 °C, atau 20,48 °C di atas dari Batasan operasi sebesar 570 °C. Dari kondisi fineness dan kondisi metal temperature tersebut menandakan bahwa ketika pembakaran cargo berau maka pembakaran bergeser kearah *Secondary Super Heater*. Pada beberapa sebaran data dapat yang cukup jauh melewati batasan operasinya. Ketika pipa pada *Secondary Super Heater* mengalami overheating (Gambar 1.3) yang terus menerus maka pada kurun tahun 2014 - 2018 terjadi kebocoran pada pipa-pipa boiler dan diantaranya terjadi pada *Secondary Super Heater* akibat over heating..



Gambar 1.3 Lokasi overheating pada boiler



Gambar 1.4 boiler Leak Tube Historical (2014-2018)

Oleh karena itu perlu dilakukan Analisa terhadap produksi dan kualitas fineness dengan memvariasikan mill air fuel ratio dan bukaan classifier terhadap batubara yang digunakan untuk mendapatkan setting parameter operasi terbaik terhadap perubahan konsumsi batubara.

Di dalam Literature bahwa (K.V. Shah, R. Vuthaluru, H.B. Vuthaluru, 2003), melakukan pemodelan dengan pengukuran pada dua posisi pengukuran yaitu pada pembukaan *classifier* 55% dan 65% dengan batubara Western Premier Coal.

Dalam pemodelan tersebut diketahui bahwa kesetimbangan aliran produksi *fineness* dapat dicapai dengan pembukaan *classifier pulverizer* 65%.

Dengan batubara yang dipakai pada PLTU menggunakan batubara Berau, maka diperlukan juga pengujian dengan pembukaan *classifier* adalah dari 45%, variasi Total moisture pada coal feeding dan dengan variasi *Mill Air Fuel Ratio* adalah 1.7:1, 1.8:1 dan 1.9:1. Hasil ingin dicapai adalah produksi penggilingan batubara pada *pulverizer* sebesar 70 μm / 200 mesh lolos diatas 70%. Untuk itu diperlukan studi eksperimental pengaruh variasi *mill air fuel ratio* terhadap *fineness* pada *pulverizer* pembangkit listrik tenaga uap 600 MW di Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Thesis ini fokus pada pengaruh variasi *Mill Air Fuel Ratio* (MAFR) dari laju aliran udara yang mengalir dari *Primary Air* (PA) dan laju dari *coal feeder* (CF) yang disesuaikan dengan setting dari pembukaan *vane classifier* untuk mendapatkan kualitas *pulverized finennes* terbaik pada jenis batubara berau. Rumusan masalah dalam thesis ini adalah :

1. Keterbatasan pasokan batubara (PT Bukit Asam) sesuai desain di unit PLTU.
2. *Pulverizer* yang terpasang di unit PLTU di desain untuk beroperasi dengan batubara (PT Bukit Asam).
3. Seting pengoperasian *pulverizer* untuk batubara lain seperti PT Berau Coal masih menggunakan standard operasi sesuai dengan batubara desain (PT Bukit Asam) yaitu MAFR (1.7:1).
4. Tingginya tingkat ukuran butir >200 mesh yang tersaring dibawah 70%.
5. Terjadi pembakaran yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan overheating pada area *Secondary Superheater*.
6. Bagaimana pengaruh *Mill Air Fuel Ratio* pada ukuran butir *Pulverized Finennes* terhadap performance pembakaran yang ditandai oleh parameter metal temperature di secondary superheater?

7. Bagaimana pengaruh pembukaan *vane classifier* pada ukuran butir *Pulverized Fineness* terhadap performance pembakaran yang ditandai oleh parameter metal temperature di secondary superheater?
8. Bagaimanakah setting Operasi terbaik yang diperlukan untuk dua kondisi tersebut?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Uji experimental dilakukan Pengujian dilaksanakan pada *Pulverizer* Unit 6 khususnya *pulverizer* 6C pada beban 100% MCR.
2. Melakukan variasi pengisian batubara menggunakan batubara Berau pada kualitas *HGI* dan *Total moisture* yang relative sama.
3. Pengaruh total moisture pada *HGI* batubara diabaikan karena perbedaan yang tidak tinggi.
4. Pengambilan data pengujian dilakukan dengan variasi Mill Air Ratio: 1.7:1, 1.8:1, dan 1.9:1 pada variasi pembukaan *pulverizer classifier* adalah: 40%, 45%, 50%, 55%, 60%.
5. Pengujian yang dilaksanakan pada *Pulverizer* menggunakan batubara yang sama selama pengujian, yaitu batubara Berau..
6. Pengambilan data Total Moisture pada *Pulverizer fineness* (PF) sebagai dampak Pengeringan.
7. Pengukuran pada *Pulverizer fineness* (PF) untuk mengetahui besaran partikel.
8. Efek perlambatan karena belokan dan tumbukan antar partikel tidak dipertimbangkan
9. Produksi *pulverizer* terdistribusi secara merata.
10. Komposisi excess air dianggap tetap pada setiap variasi dengan kualitas batubara yang sama dan tidak difungsikan spry maupun soot blower saat pengujian.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan studi eksperimental pengaruh variasi *mill air fuel ratio* terhadap *fineness* pada *pulverizer* pembangkit listrik tenaga uap 600 MW di Indonesia ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh *Mill Air Fuel Ratio* pada ukuran butir *Pulverized Finennes* terhadap performance pembakaran yang ditandai oleh parameter metal temperature di secondary superheater.
2. Mengetahui pengaruh pembukaan *vane classifire* pada ukuran butir *Pulverized Finennes* terhadap performance pembakaran yang ditandai oleh parameter metal temperature di secondary superheater.
3. Mendapatkan setting terbaik dari MAFR dan posisi opening vane classifier pada batubara berau untuk mendapatkan kualitas *Pulverized Finennes* yang baik.

1.5 Relevansi dan Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh pada saat dan atau setelah studi eksperimental pengaruh variasi *mill air fuel ratio* terhadap *fineness* pada *pulverizer* pembangkit listrik tenaga uap 600 MW di Indonesia ini dilakukan adalah :

1.5.1 Sisi Ekonomi

Hasil study ini mampu memberikan setting *mill air fuel ratio* yang sesuai dengan batubara tertentu, sehingga mampu memberikan pertimbangan dan pengetahuan mengenai produksi *pulverizer* yang paling optimal sehingga mampu menjaga metal temperature pada sisi secondary super heater, sehingga biaya perbaikan kebocoran pada boiler tube akibat overheating dapat dikurangi.

1.5.2 Sisi Iptek

Hasil yang diperoleh melalui penelitian ini, dapat digunakan sebagai dasar pengaturan setting *mill air fuel ratio* yang tepat untuk Batubara dengan jenis lain seperti Adaro, kideco dan lainnya.

1.5.3 Sisi Manfaat Masyarakat

Dengan banyaknya produksi tambang dari Kalimantan yang memiliki kandungan berlainan jenis melalui penelitian ini dapat dilakukan sebagai acuan setting air fuel ratio yang tepat, sehingga sustainability dari PLTU terjaga sebagai penyokong kelistrikan nasional.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembakaran Batubara

Pembakaran batubara yang terjadi di furnace pada boiler memiliki beberapa tahapan proses, dari awal masuk sampai batubara terbakar habis di dalam furnace. Serbuk batubara akan diinjeksikan ke dalam furnace melalui burner, dan akan melewati beberapa tahapan sebagai berikut (Singer, JG, 1993):

2.1.1 Drying

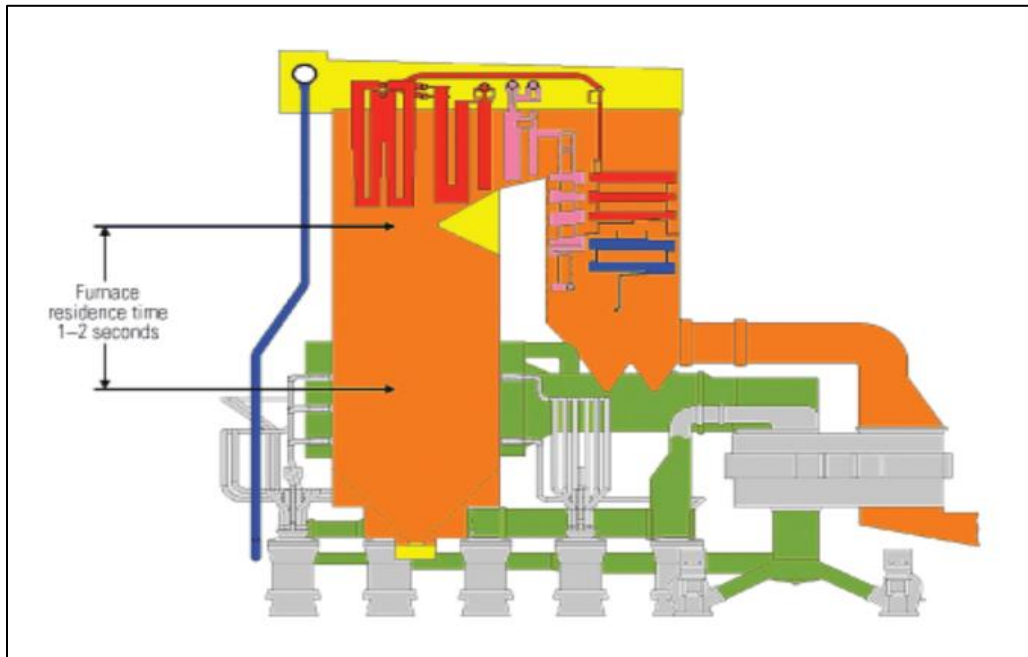
Drying merupakan proses awal batubara untuk menghilangkan moisture yang terkandung pada permukaan ataupun pada pori-pori batubara. Proses pengeringan ini terjadi sebelum batubara bercampur dengan udara pembakaran di furnace. Pengeringan dimulai pada saat batubara bercampur dengan primary air di mill, sedangkan sisa moisture yang terletak dalam pori-pori yang sangat kecil pada batubara akan dikeringkan di dalam furnace karena membutuhkan temperatur yang lebih tinggi untuk menguapkan moisture tersebut.

2.1.2 Devolatilization

Proses ini merupakan proses pemisahan antara volatile matter dan char atau fixed carbon. Volatile matter akan mengalami penguapan pada suhu sekitar 900° - 950°C menyisakan char yang merupakan karbon padat yang menjadi bahan bakar utama dalam proses pembakaran di furnace.

2.1.3 Char Combustion

Char combustion adalah proses pembakaran karbon padat dengan oksigen baik dari udara pembakaran maupun dari gas oksigen hasil devolatilization. Waktu tinggal batubara sampai habis terbakar di dalam furnace disebut residence time. Residence time merupakan jumlah waktu yang diperlukan batubara untuk mengalami proses drying, devolatilization, dan char combustion dalam furnace seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Residence time sendiri sangat dipengaruhi oleh komponen partikel batubara.



Gambar 2.1 Furnance Residence time

2.2 Pengertian dan Konsep Operasi Pulverizing

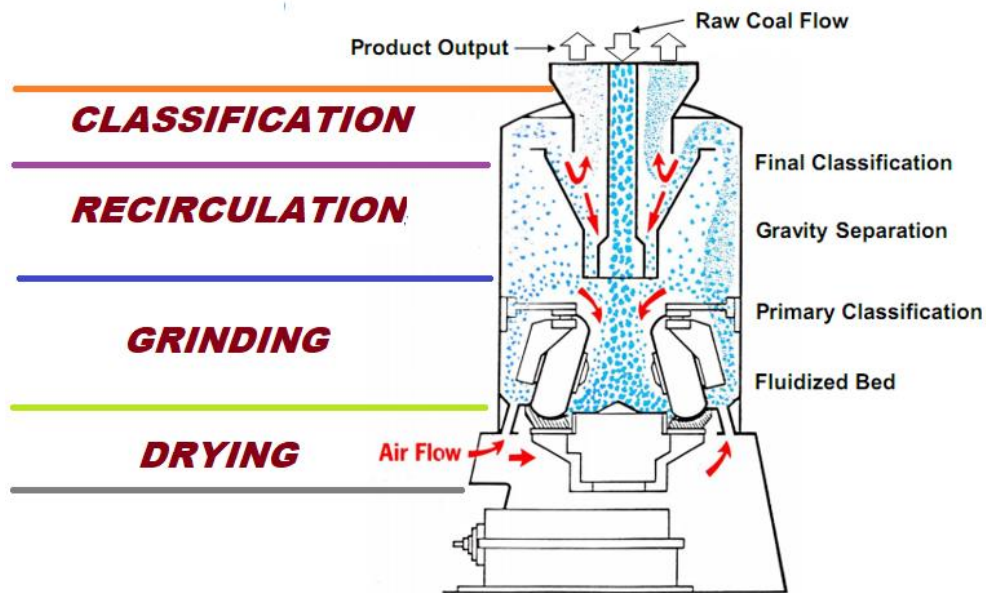
Dalam sistim PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), coal *pulverizer* memegang peranan penting dalam tercapainya pembakaran yang efisien di dalam furnace (ruang bakar). PLTU menggunakan *pulverizer* medium speed (50-100 rpm) berbentuk *vertical spindle* (tabung vertical) dengan “grinding element” berupa bola. Type yang digunakan adalah tipe tekan (*pressure type*), yang berarti membutuhkan udara bertekanan dari Primary Air Fan melalui suatu heater (pemanas) untuk mengangkat serbuk batubara (*Pulverizer Fineness*) dengan temperature yang memadai sehingga serbuk batubara dapat terbakar sempurna di dalam furnace. Secara umum proses pulverizing adalah suatu proses untuk menghaluskan suatu 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 seperti pada Gambar 2.2 adalah:

- a. Proses Grinding (grinded) berlangsung pada *grinding table*. Batubara dari coal feeder masuk ke dalam *pulverizer* melalui coal inlet pipe menuju area tengah *grinding table*. *grinding table* 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 tersebut masuk ke dalam coal pulveriser melalui vane-wheel. Fungsi van wheel menyebabkan udara primer menjadi turbulen sehingga turbulensi dari udara primer ini mampu mengangkat partikel batubara ke atas menuju area separasi sekaligus mengeringkan batubara. Temperature udara primer yang dilakukan adalah dengan temperatur 290 °C
- c. Proses klasifikasi (classified). Butiran Batubara yang telah dihaluskan kemudian diklasifikasi oleh *classifier* vane berdasarkan *fineness* yang diinginkan, yaitu 75~ 80% partikel batubara lolos 200 mesh.



Gambar 2.2 The coal recirculation inside Pulverizer

2.2.1 Pulverizer MPS 89N

M dari muhle, yang berarti *mill* atau *pulverizer*. P dari pendel, yang berarti pendulum dan menggambarkan gerakan yang diizinkan oleh gulungan berdasarkan keterikatannya dengan kerangka tekanan. S dari schussel, yang artinya piring, dan menggambarkan cincin gerinda. Pulverizer B&W tipe MPS ini menggunakan prinsip roll-race untuk grinding. Dimana batubara dihancurkan antara cincin gerinda segmental yang berputar dan tiga rakitan roda gulungan yang didukung secara pivot. Masing-masing dari tiga rakitan roda gulungan dimuat pegas melalui rangka pegas menggunakan kabel pemuatan (batang) yang terpasang pada silinder hidrolis eksternal. Ini memberikan kontak penggilingan positif, yang dalam kombinasi dengan ukuran gulungan besar, membantu memastikan kapasitas keluaran dari *pulverizer*. Total gaya gerinda adalah hasil dari gaya pegas dan berat rakitan roda gulung dan rangka tekanan.

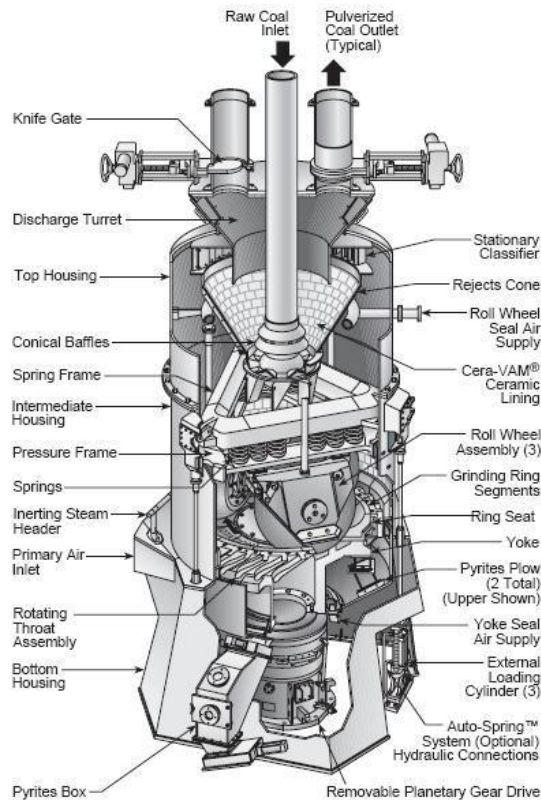
Berdasarkan pada Gambar 2.3, bagian-bagian utama *pulverizer* adalah sebagai berikut:

- a. *Raw coal inlet* atau disebut juga *coal inlet pipe*, sebagai saluran masuk batubara dari coal feeder menuju *pulverizer*.
- b. *Pulverizer Sparator Housing*, di dalamnya terdapat:

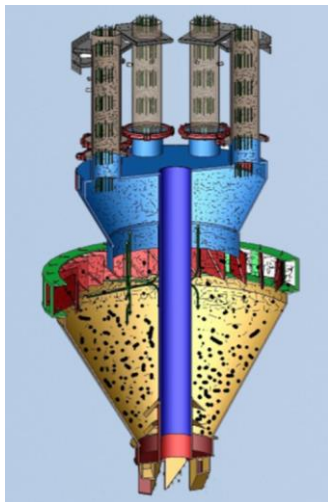
1. Grinding Table, sebagai meja pengarah batubara masuk sekaligus landasan poenggerusan batubara
 2. Tiga buah grinder roll, sebagai bagian utama penggerus row coal batubara menjadi butiran halus
- c. *Intermediate housing* adalah tempat terjadinya proses grinding, gravity separation (hanya butiran kecil batubara yang dapat terangkat oleh udara primer) serta proses drying.
- d. *Classifier*, merupakan bagian coal pulveriser *pulverizer* untuk memisahkan batubara halus sesuai dengan spesifikasi *fineness*. Untuk standart PLTU adalah 75 μ m / 200 mesh. Laluan udara didalam *pulverizer* yang melalui *classifier* seperti terlihat pada Gambar 2.4.

Batubara dari *feeder* masuk melalui inlet pipe yang terletak ditengah-tengah Top Housing, batubara tersebut akan turun ke grinding table diintermediate housing dan akan bersirkulasi di grinder table dan dihaluskan oleh grinder roller yang menekan grinder table. Dalam hal ini grinder table berputar dan grinder roll pada posisi tetap. Batubara dari grinder table kemudian tumpah melewati grinder seat ke throat area. Primary air masuk ke grinding zone *pulverizer* melalui throat ring. Aliran primary air ini diatur oleh primary air damper antara air foil dan *pulverizer*.

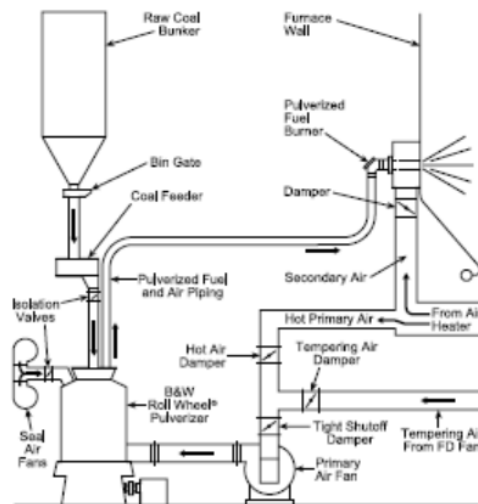
Karena adanya primary air ini mengakibatkan partikel batubara terdorong keatas. Partikel-partikel batubara yang ukurannya masih terlalu besar, akan turun kembali ke grinding zone untuk dihaluskan kembali. Serbuk batubara diatur tingkat kehalusannya oleh *classifier* yang akan mengembalikan partikel-partikel berat kembali kedalam area grinding sedangkan partikel-partikel yang sudah sesuai ukurannya akan masuk kedalam burner. Sesuai skema Direct-fired, hot fan system for pulvurezed coal pada Gambar 2.5.



Gambar 2.3 Kontruksi Coal Pulverizer Pulverizer MPS 89 di unit PLTU (Babcok and Wilcox Company, 2006)



Gambar 2.4 Lalan partikel batubara melalui classifier didalam pulverizer (Storm, 2015)

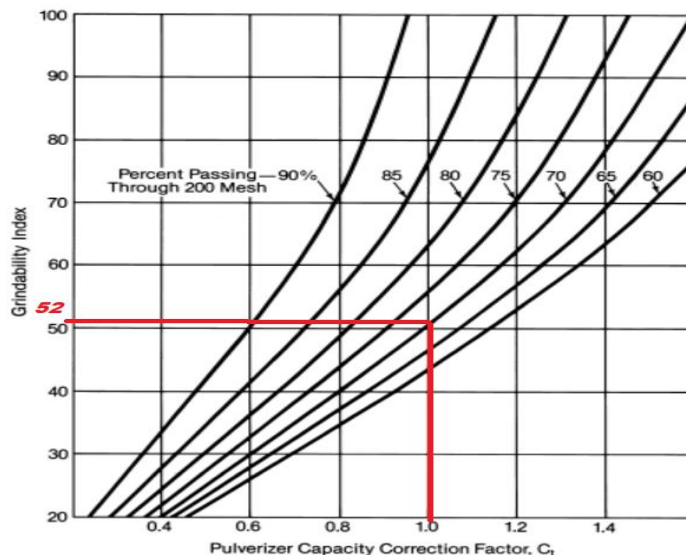


Gambar 2.5 Skema Direct-fired, hot fan system for pulvurezed coal (Babcok and Wilcox Company, 2006)

Terbatasnya kerja suatu coal *pulverizer* akan menyebabkan berkurangnya output dari power plant secara keseluruhan (Gills,1984). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian coal pulveriser *pulverizer*:

a. Setting *Pulverizer* outlet temperature (MOT) harus sesuai dengan ketentuan operasi. Setting MOT yang terlalu rendah, akan menyebabkan proses pengeringan batubara didalam *pulverizer* tidak dengan baik sehingga berpotensi dapat mengakibatkan plugging di dalam coal pulveriser *pulverizer* maupun di outlet pipe. Setting MOT yang terlalu tinggi akan berpotensi terjadinya spontaneous combustion di dalam coal pulveriser *pulverizer*. Setting MOT untuk batubara subbituminus yang diperbolehkan adalah 150°F (66°C).

b. Batubara keluaran dari coal pulveriser *pulverizer* harus sesuai dengan yang diharapkan, baik dalam hal *fineness* maupun ukuran lolos butir 200 mesh. HGI yang tidak sesuai akan menyebabkan turunnya kapasitas pulveriser serta naiknya konsumsi daya motor *pulverizer* dan akan mempengaruhi kerja boiler. Pada Gambar 2.6 dapat disimpulkan bahwa *pulverizer* tipe ini menggunakan HGI 52 sebagai desainnya sehingga peningkatan *Pulverizer capacity correction factor* mempengaruhi kualitas dari *Pulverized fineness*.



Gambar 2.6 Pulverizer capacity correction factors

d. **Drying Capacity.** Dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu mass flow dan temperatur udara yang masuk ke dalam *pulverizer*. Semakin tinggi temperatur maka kebutuhan udara untuk proses pengeringan batubara di dalam *pulverizer* akan berkurang.

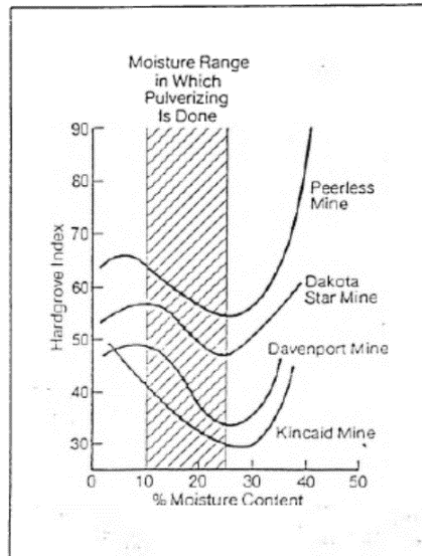
Pada unit PLTU terdapat 6 unit pulverizer dengan base capacity dari pulverizer MPS 89 N ini sesuai dengan desain adalah sebesar 56.2 T/h dengan base air flow sebesar 98.9 T/h. base ini (Tabel 2.1 MPS-89N Capacity) berdasar pada kondisi full load 100% MCR, worn pulverizers, fuel HHV 4225 kcal/kg, total moisture (surface & inherent) of 28.3%, grindability (HGI) of 59.4, coal fineness of 70% through 200 mesh.

Tabel 2.1 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.		

2.3 Literature Review Grindability testing of lignite

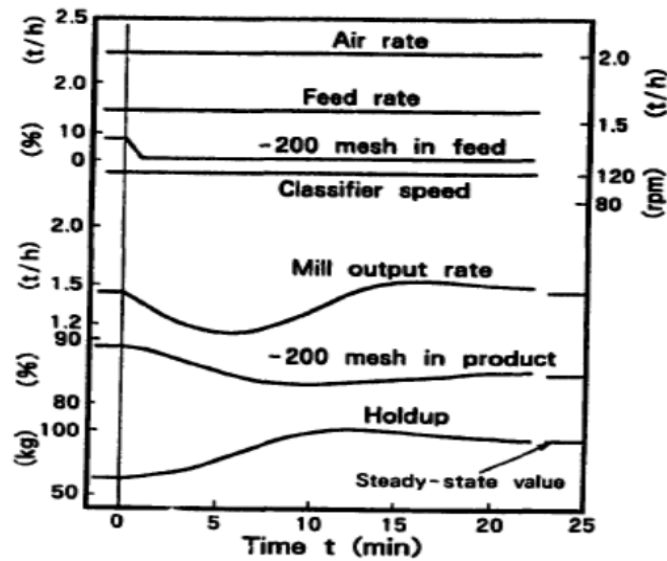
Menurut (Ellmann & Belter, 1955) menyatakan bahwa grindability batubara tidak boleh disamakan secara langsung dengan kekerasan batubara. Batubara yang sama mungkin memiliki kisaran grindabilitas tergantung pada material-material lain dalam yang terkandung didalam batubara. Akan tetapi, pada Gambar 2.7 Variation of grindability index with moisture content, NorthDakota lignites (average of standard and corrected values) kurva khas untuk batubara lignit Dakota Utara dan menunjukkan variasi dalam grindability Hardgrove karena perubahan *moisture* didalam batubara. Pada Gambar tersebut, antrasit dan beberapa lignit memiliki setidaknya satu titik di mana grindabilitasnya sangat dekat. Namun, antrasit adalah batubara yang sangat keras sedangkan lignit lunak, namun keduanya sulit digiling.



Gambar 2.7 Variation of grindability index with moisture content, North Dakota lignites (average of standard and corrected values)

2.4 Literature Review Efek perubahan ukuran feeding batubara terhadap kualitas *pulverized fineness*

Pada penelitiannya (Shoji et al., 1998) mempertimbangkan efisiensi dan konsumsi energi pada boiler, biasanya partikel batubara harus setidaknya 80% lebih halus dari 90 mesh, dengan 99,5% partikel dalam ukuran 200 mesh. Perubahan *setting pada vane classifier* pada peningkatan ukuran *feeding* akan mempengaruhi kualitas *Pulverized fineness*. Gambar 2.8 menunjukkan bahwa efek penurunan ramp pada make-up ukuran pakan dari 8% -200 mesh hingga 1% sementara kondisi lainnya dijaga konstan. Karena produk dalam penggilingan menjadi lebih kasar, laju output *pulverizer* menurun sementara *coal flow* meningkat secara bertahap. Terlihat bahwa performance *pulverizer* berkurang sekitar 20% dari kondisi *stady state*. Dicatat bahwa kinerja *pulverizer* dipengaruhi oleh ukuran batubara sejak itu kehalusan di zona penggilingan pabrik ring-roller biasanya berkisar dari 20 hingga 40% -200 mesh.



Gambar 2.8 Effect of a step change of make-up feed size

2.5 Literature Review Efek moisture pada batubara terhadap grindability

Hasrul Laksmana Azahari pada peneiltiannya di University of Wollongong tergadap pengaruh moisture terhadap daya mampu giling (grindability) pada tiga jenis batubara di Indonesia yaitu central banko, suban jenji (sumatra), senakin (Kalimantan selatan). Seperti tertera pada batubara yang dijadikan objek dari penelitian adalah batubara dari berbagai kelas, lignite subbituminous dan antrasit.

Tabel 2.2 Coal analysisi Central Banko, Suban Jenji, Senakin

Analysis	Central Banko	Suban Jerji	Senakin
Moisture (adb, %)	32.28	38.25	3.77
Ash (adb, %)	5.91	2.61	14.93
Volatile Matter (adb, %)	30.50	30.89	40.67
Fixed Carbon (adb, %)	31.31	28.25	40.63
Total Sulphur (adb, %)	0.30	0.40	0.35
Caloric Value (adb, cal/gr)	4324	3966	6478
Ultimate Analysis			
Carbon	44.94	42.38	64.95
Hydrogen	6.10	6.63	4.59
Nitrogen	0.63	0.43	1.00
Oxygen	42.12	47.55	14.18

Perlakuan pertama pada masing-masing sample tersebut dilakukan preparasi untuk dibedakan terhadap kandungan moisturenya, untuk dapat

mengetahui efek dari *moisture content* pada HGI maka untuk itu masing-masing disiapkan kondisi level *moisture content* yang berbeda-beda. Seperti tertera pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Percentage Moisture Obtained for All Samples

Sample	% Moisture				
	Maximum	between Max & air-dried	Air-dried	between Min & air-dried	Minimum
Central Banko	37.15	36	32.6	16	1
Suban Jeriji	45.15	43.3	38.5	19	1
Senakin	5.8	-	4.05	2	0.2

Dilakukan proses penggerusan menggunakan Wallace Hardgrove machine. Setelah batubara tergerus kemudian dilakukan Size distribution analysis untuk mendapatkan perbandingan berat dan hubungan dengan HGI dengan melakukan perhitungan pada dry basis. Dengan formula:

$$m1 - m2 = m3 \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{m3}{m1} \times M = m4 \dots\dots\dots(2)$$

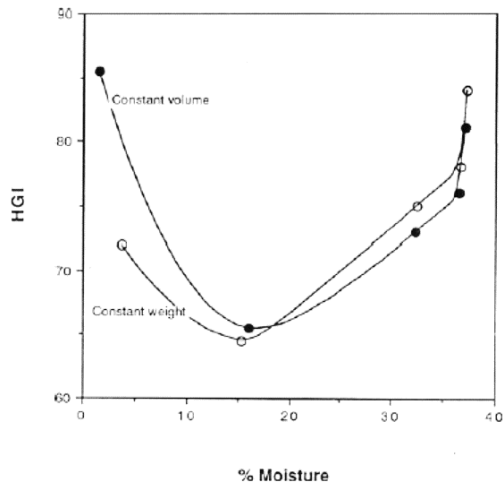
dengan:

m1 = weight of feed (dry basis; after subtracting moisture)

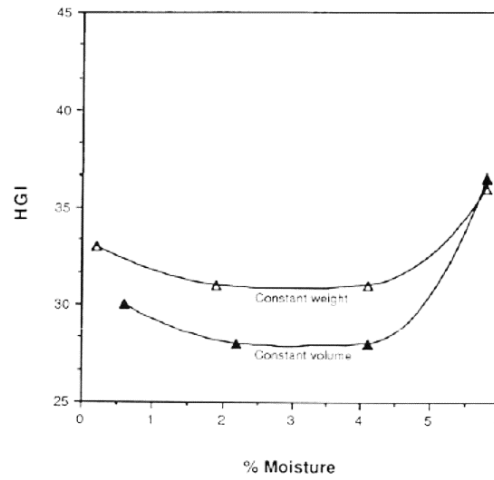
m2 = weight of material retained on the No.200 sieve (dry basis; after subtracting moisture)

m4 = weight of material passing the N0.200 sieve and used for HGI determination from the chart for particular standard test method experiments.

M = Original weight of feed (including moisture; e.g 50 grams for tests using standard test method).

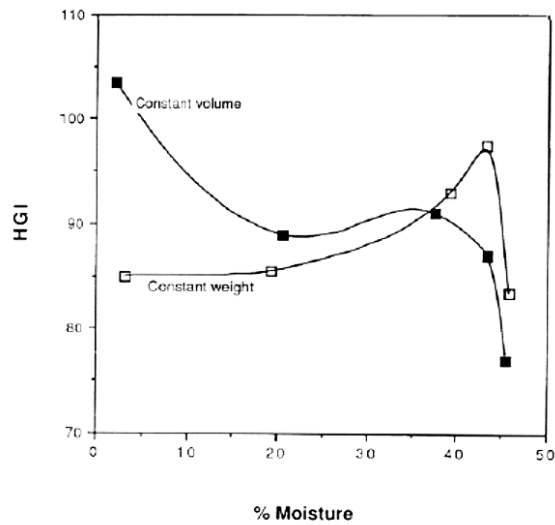


Gambar 2.9 Plot of the HGI versus % moisture of Central Banko coal for different feed measurement



Gambar 2.10 Plot of the HGI versus % moisture of Senakin coal for different feed measurement.

Dari penelitian ini telah memberikan data langsung untuk menjawab pertanyaan tentang bagaimana kadar air batubara yang digunakan, atau yang direncanakan akan digunakan, mempengaruhi nilai HGI batubara. Selain itu, pertanyaan terkait yang bersifat lebih mendasar juga diselidiki untuk mendapatkan wawasan tentang hubungan di atas dan menjelaskan lebih lanjut tentang tes HGI itu sendiri. Hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa uji berat konstan (*constant weight test*), yang ditentukan dalam metode uji standar, tidak menggambarkan dengan baik efek *moisture* pada HGI. Ini khususnya berlaku untuk batubara Suban Jeriji. Jadi, sedangkan untuk Central Banko (Gambar 2.9) dan Senakin (Gambar 2.10) berat konstan dan hasil volume konstan menunjukkan tren yang sama pada seluruh rentang kelembaban yang diselidiki dan berbeda untuk batubara Suban Jeriji (Gambar 2.11) dan sangat rendah kelembaban. Pada rentang perubahan total moisture yang cukup tinggi maka perubahan *total moisture* akan mempengaruhi HGI.

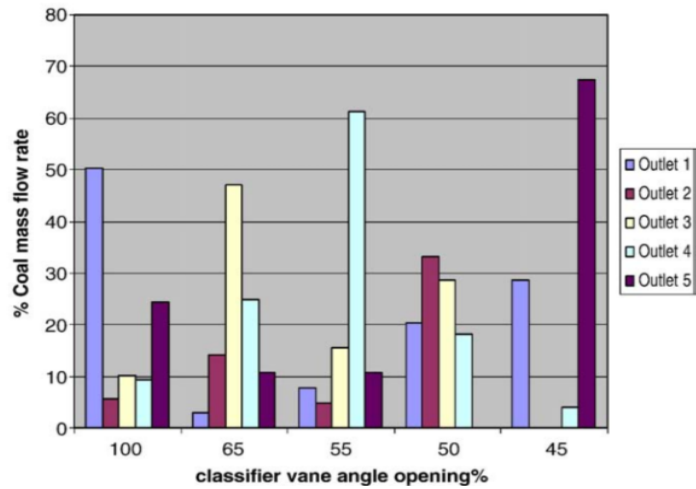


Gambar 2.11 Plot of the HGI versus % moisture of Suban Jeriji coal for different feed measurement.

2.6 Literature Review Efek Variasi Sudut Classifier

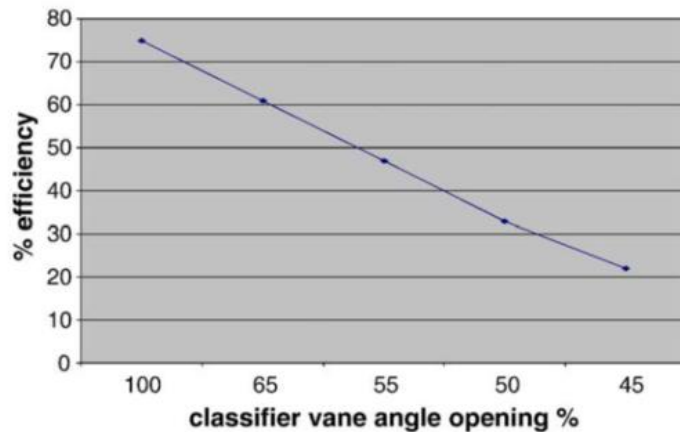
K.V. Shah, R. Vuthaluru, dan H.B Vuthaluru melakukan investigasi mengenai efek pembukaan setting *classifier vane* terhadap performance *pulverizer*, menggunakan *Finite Element* (FE) dan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Penelitian ini memodelkan kualitas hasil penggilingan batubara yang lolos 75 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 pada 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 2.12 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukakan Vane angle VS % Coal Mass Flow rate.

Dari Gambar 2.12 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.

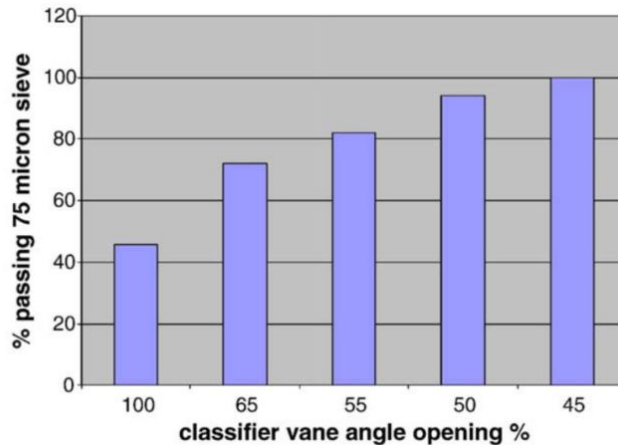


Gambar 2.13 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukakan Vane angle VS % efisiensi

Untuk pengaruh sudut pembukaan *classifier* vane terhadap efisiensi dapat dilihat dari Gambar 2.13 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 2.14 Grafik Perbandingan Prosentasi pembukakan Vane angle VS % terhadap % lolos 75 mesh

Terlihat bahwa pada Gambar 2.14 semakin kecil sudut pembukaan *classifier* semakin tinggi prosentase partikel ukuran 75 μ m 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.

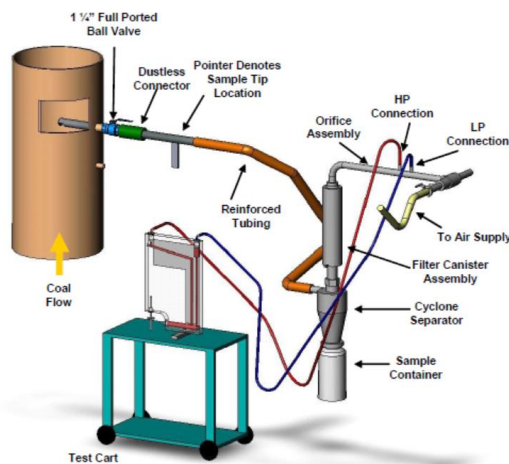
2.7 Isokinetic Coal Sampling

Untuk memastikan kinerja suatu pulverizer diperlukan kuantifikasi parameter guna mencapai kinerja pembakaran yang optimal didalam boiler. Pengambilan sampel batubara secara isokinetik dilakukan untuk memastikan keseimbangan relative pada pipa-pipa *fineness (coal pipe)*, menghitung *mill air fuel ratio* secara individual maupun secara total, menghitung kecepatan / velocity *fineness* pada pipa dan *air flow*, memastikan keseimbangan aliran udara pipa-ke-pipa, menghitung suhu saluran bahan bakar dan tekanan statis. mendapatkan sampel bahan bakar yang representatif untuk analisis kehalusan batubara (*coal fineness analysis*). Beberapa parameter yang harus di jaga antara lain:

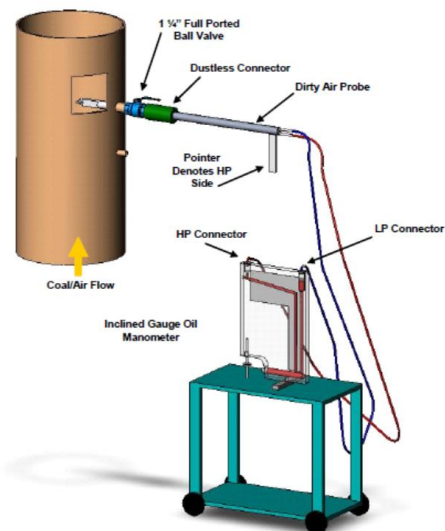
- Pipe to pipe fuel balance within $\pm 10\%$ of the mean fuel flow.

- Pipe to pipe dirty airflow balance within $\pm 5\%$ of the mean airflow.
- Optimized pulverizer air to fuel ratio.
- Pulverizer Type MPS and EL Mills Lbs. Air per Lb. Coal (MAFR) (1.5:1) to (1.8:1)
- Minimum fineness level: $\pm 75\%$ passing 200 mesh & $< 0.1\%$ remaining on 50 mesh.
- Pulverizer-to-pulverizer mass air and fuel balance within $\pm 5\%$ of the mean.
- Pulverizer outlet temperature $\pm 155^\circ\text{F} - (68^\circ\text{C})$.
- Minimum fuel line velocity of 3,300 Fpm (1005 Mpm) (16.75 m/s).

Iso kinetic sampling dilakukan dengan dua cara antara lain The Dirty Air Probe (Gambar 2.15), The Isokinetic Coal Sampler (Gambar 2.16)



Gambar 2.15 The Dirty Air Probe



Gambar 2.16 The Isokinetic Coal Sampler

2.8 Kecepatan terminal / Terminal Velocity

Kecepatan terminal suatu partikel (V_t) merupakan kecepatan fluida angkut (gas) yang dibutuhkan untuk mengatur partikel (solid) tunggal yang tersuspensi dalam aliran gas. Menurut Stokes law, pada Gambar 2.17 kecepatan terminal terjadi ketika $F_{net} = 0$ dimana: $W = BF + FD$

$$W = \text{gaya berat partikel batubara} = m \times g = \frac{\pi}{6} d^3 \rho_{coal} g \dots \dots \dots (3)$$

$$F_b = \text{buoyancy force pada partikel batubara} = \frac{\pi}{6} d^3 \rho_{\text{liquid}} g \dots \dots \dots (4)$$

$$D = \text{drag force pada partikel batubara} = C_d \frac{1}{2} \rho_{\text{liquid}} V^2 A \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \text{ dari partikel batubara}$$

$$C_d = \text{drag coefisien sesuai dengan } Re$$

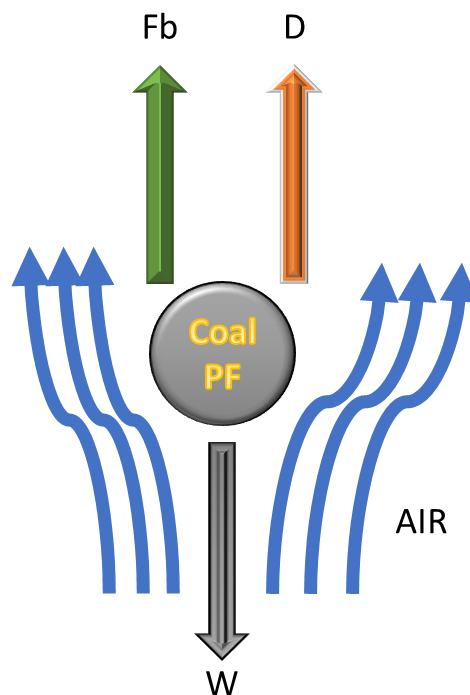
Sehingga Kecepatan terminal suatu partikel batubara dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$V_t = \sqrt{\frac{4gd}{3C_d} \left(\frac{\rho_{\text{coal}} - \rho_{\text{liquid}}}{\rho_{\text{liquid}}} \right)} \dots \dots \dots (6)$$

Stokes Law dalam aliran laminar :

$$C_d = \frac{24}{Re_p} \dots \dots \dots (7)$$

$$Re_p = \frac{d_p V \rho_g}{\mu} \dots \dots \dots (8)$$



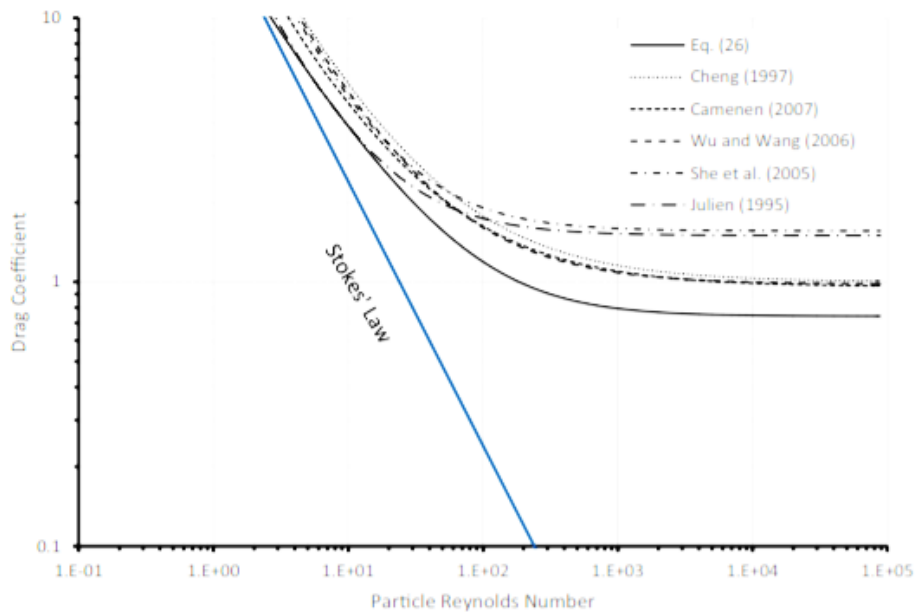
Gambar 2.17 Free-body diagram of a coal in primary air fluid

Jadi, kecepatan terminal untuk partikel tunggal berbentuk bulat dengan $Re < 0.4$ adalah:

$$V_t = \frac{g(\rho_{coal} - \rho_{liquid})d_{coal}^2}{18\mu} \dots\dots\dots(9)$$

Dan untuk partikel besar dengan $C_d = 0.47$

$$V_t = \sqrt{2,84gd_{coal} \left(\frac{\rho_{coal} - \rho_{liquid}}{\rho_{liquid}} \right)}$$



Gambar 2.18 Hubungan antara Darg Coefficent dan Particle Reynold Number (Riaz & Türker, 2018)

Dari penelitian yang dilakukan oleh (Riaz & Türker, 2018) terhadap spherical particles diapat bahwa Darg Coeffisien konstan pada $Re > 1000$ (Gambar 2.18). Pada adea recirculation dan classification didalam pulverizer partikel memiliki terpengaruh oleh drag force, bouyancy force dan gaya berat partikel itu sendiri. Apabila drag force dan bouyancy force lebih besar dari gaya berat partikel maka partikel akan terbawa ke atas masuk kedalam boiler. Apabila drag force dan bouyancy force sama besar dari gaya berat partikel maka partikel akan tetap bergerak jatuh dengan kecepatan yang di sebut terminal velocity.

2.9 Luas permukaan kontak pembakaran

Besarnya ukuran partikel akan mempengaruhi besarnya luas kontak suatu benda pada reaksi pembakaran. Jika dalam suatu partikel besar di asumsikan berbentuk ideal seperti bola, dan partikel tersebut dihaluskan dalam satuan berat yang sama maka:

Volume partikel besar = $\frac{1}{6}\pi D^3$ dalam satuan berat %wg, dengan Luas permukaan sebesar $A = \pi D^2$

Volume partikel serbuk = $\frac{1}{6}\pi d^3$ dalam satuan berat %wg,

Pada jumlah berat yang sama maka,

Volume partikel besar = $n \times$ Volume partikel serbuk, dengan n adalah jumlah satuan partikel serbuk.

$$\rho \times \frac{1}{6}\pi D^3 = n \times \rho \times \frac{1}{6}\pi d^3$$

$$d^3 = \frac{D^3}{n}$$

$$d = D \sqrt[3]{\frac{1}{n}}$$

Sehingga luas permukaan kontak pembakaran akan menjadi sebesar

$$A' = n \times \pi d^2$$

$$A' = n \times \pi \left(D \sqrt[3]{\frac{1}{n}} \right)^2$$

$$A' = n \times \pi D^2 \left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$A' = n \left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{2}{3}} \times \pi D^2$$

$$A' = n^{\frac{1}{3}} \times \pi D^2$$

$$A' = n^{\frac{1}{3}} \times A$$

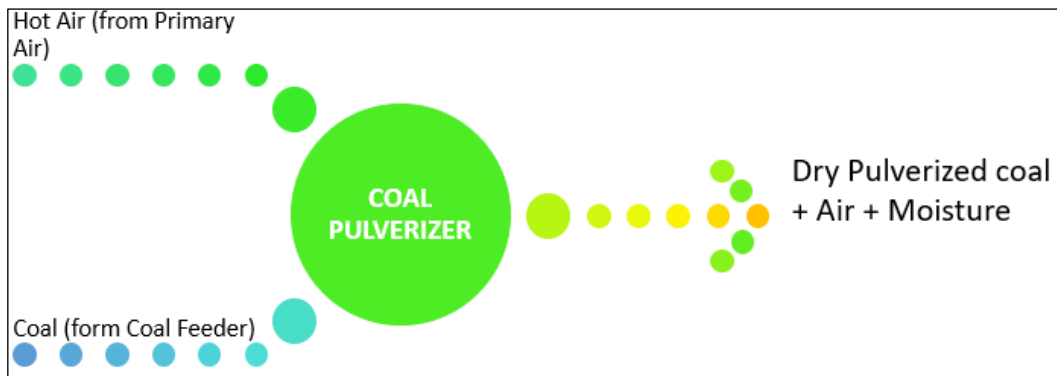
Dari persamaan diatas didapatkan bahwa apabila sizeing atau ukuran butir pada batubara semakin kecil maka luas permukaan kontak pembakaran menjadi lebih besar. Dalam pengujian sizing batubara dibutuhkan 100gr coal fineness yang kemudian disaring kedalam saringan 200 mesh, 100 mesh, dan 50 mesh. Prosentase partikel yang lolos pada masing-masing saringan dapat diukur dengan menimbang berat partikel yang kemudian dibandingkan dengan berat total. Diketahui density batubara sebesar 1100 gr/cm³.

2.10 Balance Energy Coal *Pulverizer*

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

- a. Temperatur udara primer masuk dalam *pulverizer*
- b. Primary air fuel ratio
- c. Temperature 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 energy didalam *pulverizer* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.19 Balance Energi di Coal Pulverizer

Perhitungan sederhana kesetimbangan energi di Coal Pulverizer seperti tertera pada Gambar 2.19 dapat di tuliskan sebagai berikut :

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{air} + \dot{Q}_{coal} \dots \dots \dots (1)$$

$$\dot{Q}_{coal} = \dot{m}_c \times (T_o - T_{i_c}) \times C_{p_c} \dots \dots \dots (2)$$

$$\dot{Q}_{air} = \dot{m}_a \times (T_o - T_{i_a}) \times C_{p_a} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

\dot{Q}_{air} = sensible heat available in the mill inlet air

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

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

\dot{m}_c = flowrate batubara yang masuk ke pulverizer (kg/s)

T_{i_a} = temperatur udara primer masuk ke pulverizer (°K)

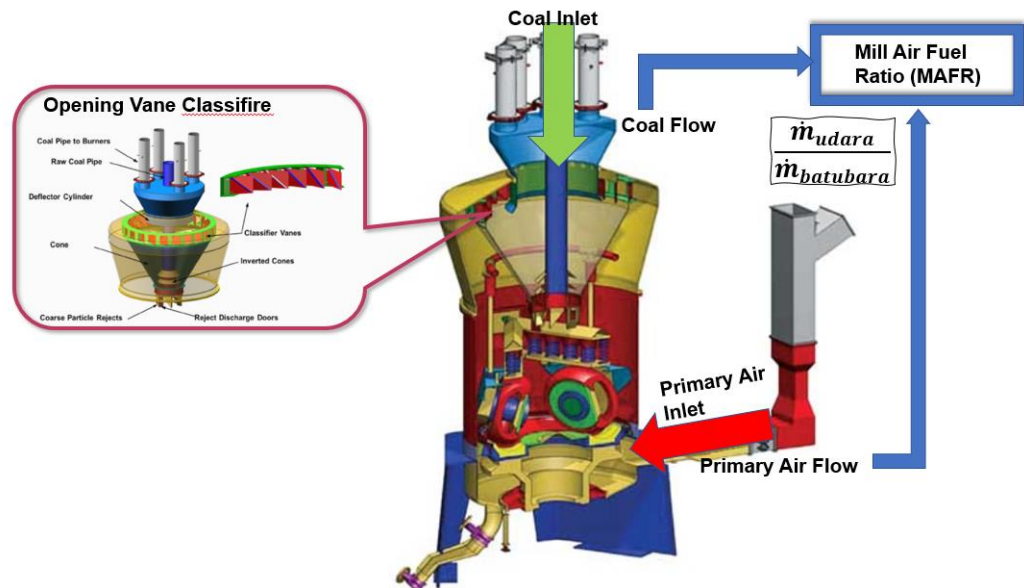
T_{i_c} = temperatur batubara masuk ke pulverizer (°K)

T_o = temperatur fluida keluar dari pulverizer / MOT (°K)

2.11 Mill Air Fuel Ratio

Rasio perbandingan antar laju udara primer dan laju batubara pada coal feeder yang masuk kedalam pulverizer disebut juga Mill Air Fuel Ratio (MAFR). Setting pada Rasio perbandingan ini yang akan mengatur banyaknya jumlah udara primer yang dibutuhkan (\dot{m}_a) pada setiap batubara yang di masukkan kedalam

pulverizer (\dot{m}_c). Saat rasio ditetapkan pada MAFR (1,7 : 1) maka bukaan damper pada Primary Air fan akan membuka untuk memenuhi 1,7 kalinya flow batubara yang diisikan dari coal feeder. Pada penetapan rasio pada MAFR (1,8 : 1) dan MAFR (1,9 : 1) terjadi peningkatan flow udara primer pada setiap flow batubara yang sama. Seperti tertera pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 coal flow dan primary air flow pada pulverizer

2.12 Karakteristik batubara

Kualitas batubara ditentukan berdasarkan analisis batubara yang umumnya dilakukan dengan metode, yaitu proximate & ultimate analysis. Tiap-tiap analisa akan menghasilkan properties sebagai berikut:

2.12.1 Proximate Analysis

Kandungan air (Moisture content) adalah kandungan air yang terdapat pada batubara dan dibedakan atas:

- a) **Total Moisture** adalah banyaknya air yang terkandung dalam batubara sesuai kondisi di lapangan (Ar = as received), baik terikat secara kimiawi maupun akibat pengaruh kondisi diluar. Pada prinsipnya total moisture merupakan

jumlah air yang terkandung dalam batubara baik air bebas (FM = Free Moisture) maupun air terikat (IM = Inherent Moisture)

- b) **Free Moisture** adalah air yang diserap oleh permukaan batubara akibat pengaruh dari luar.
- c) **Inherent Moisture** (Air bawaan) Adalah kandungan air bawaan pada saat batubara terbentuk.

Kandungan Abu (Ash Content) Merupakan sisa-sisa zat organik yang terkandung dalam batubara setelah dibakar. Kandungan abu dapat dihasilkan dari pengotoran bawaan dalam proses pembentukan batubara maupun perkotoran yang berasal dari proses penambangan. Abu batubara merupakan bagian yang tidak hilang pada waktu pembakaran batubara tersebut. Komposisi utama abu batubara adalah: Si, Al, Fe, Ti, Mn, Na, K, Silikat, Sulfida, Sulfat dan Fosfat

Zat terbang (Volatile Matter) Merupakan zat aktif yang menghasilkan energipanas apabila batubara tersebut dibakar dan terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hydrogen, karbonmonoksida (CO) dan metan. Zat terbang ini sangat erat kaitannya dengan rank dari batubara, makin tinggi kandungan zat terbang (VM) makin rendah kualitasnya. Dalam proses pembakaran, semakin rendah zat terbang maka akan mempersulit proses pembakaran.

Fixed carbon Merupakan angka diperoleh dari hasil pengurangan 100% dengan kadar kelembaban, kandungan abu dan volatile matter. Dengan berkurangnya kadar abu & volatile matter, semakin tinggi kandungan karbonnya, dan kualitas batubara semakin naik.

Nilai Kalor (Calorific Value) Harga nilai kalor merupakan penjumlahan dari harga-harga panas pembakaran unsur-unsur pembakaran batubara. Nilai kalor terdiri atas Gross Calorie Value yaitu nilai kalor yang biasa dipakai sebagai laporan analisis dan Net Caloric Value yaitu nilai kalor yang benarbenar dimanfaatkan dalam proses pembakaran batubara

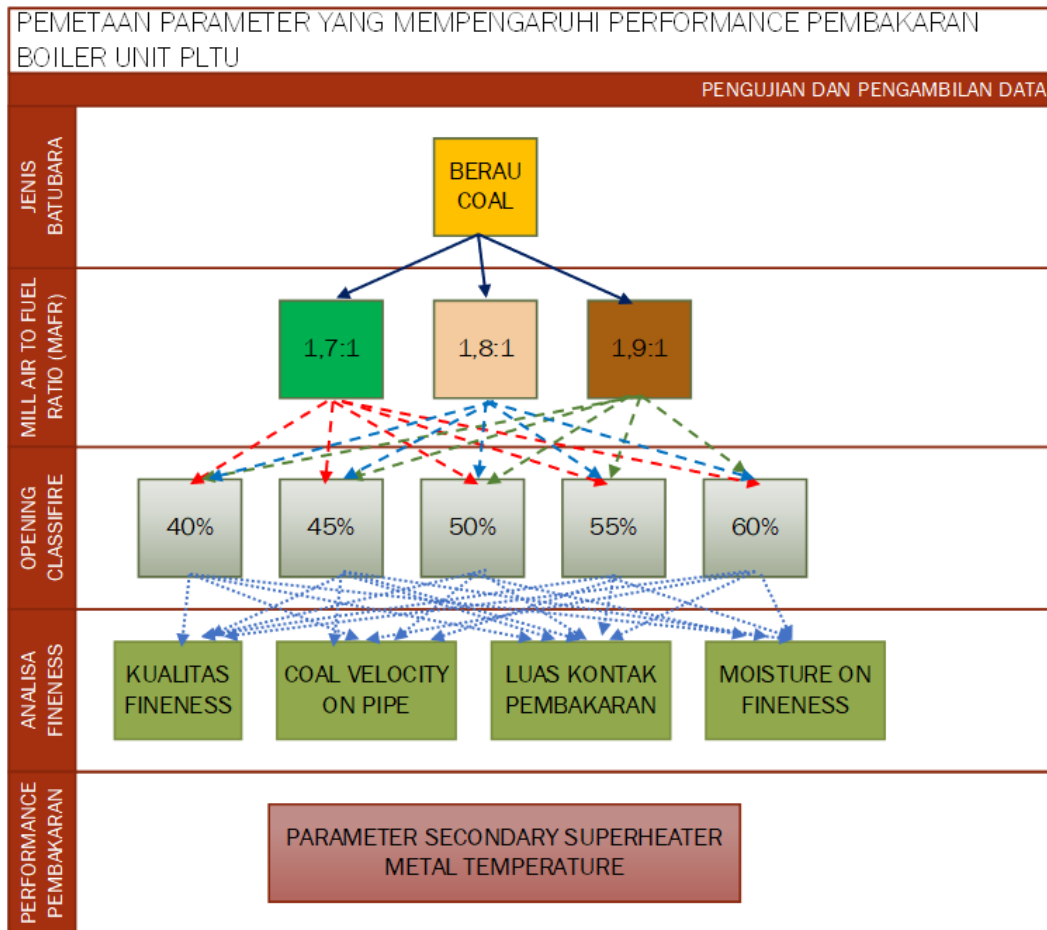
2.12.2 Ultimate Analysis Analisis

Ultimate analysis adalah proses Analisa untuk mengetahui berbagai macam kandungan kimia unsur- unsur seperti karbon, hidrogen, oksigen, sulfur, dll. Analisis ini berguna dalam penentuan jumlah udara yang diperlukan untuk pemakaran dan volum serta komposisi gas pembakaran. Hasil analisisnya hampir sama dengan proximate tetapi analisa ini lebih detail dalam menentukan kandungan C, H, O, N nya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimental yang dilakukan adalah dengan melakukan eksperimental pada Coal Pulverizer unit 6 dengan batubara Kalimantan timur (berau) dengan kualitas typical batubara tertentu pada Power Plant berkapasitas 600 MW dengan beban 100% maximum continuous rating (MCR).

3.1 Pemetaan Parameter yang mempengaruhi performansi Pembakaran



Gambar 3.1 Pemetaan Parameter Yang Mempengaruhi Performance Pembakaran Boiler Unit PLTU

Pada Gambar 3.1 dilakukan pemetaan parameter yang mempengaruhi performance pembakaran pada unit PLTU dengan *feeding* menggunakan batubara

berau pada setiap variasi yang dilakukan, fokus pada penelitian ini adalah pada konfigurasi dan setting dari mill air fuel ratio dan opening vane classifier sebagai parameter operasi yang mempengaruhi performance pembakaran. Dengan mengetahui Analisa dari *Pulverized fineness* melalui parameter kualitas kehalusan butir nya, kecepatan *fineness* didalam coal pipe, Luasan kontak pembakaran yang terbentuk dan kadar moisture yang terkandung didalam nya. Dari Analisa *Fineness* tersebut dilihat pengaruhnya terhadap perubahan pada metal temperature pada secondary super heater.

3.2 Tahapan penelitian

3.2.1 Studi Kasus

Permasalahan yang terjadi di PLTU adalah kurangnya pasokan batubara bukit Asam sehingga dilakukan penambahan pasokan dari Berau coal untuk menjamin *security of supply* kepada unit PLTU. Perbedaan kualitas batubara *feeding* tidak diikuti dengan perubahan pola operasi dari *pulverizer*. Diketahui terjadi penurunan kualitas dari pulverized fineness hingga dibawah dari spesifikasi desain yaitu >70% untuk size 200 Mesh (74 μ). Pipa-pipa uap pada area secondary super heater mengalami overheating, sehingga terjadilah kebocoran pipa-pipa pada area boiler tersebut. Perbaikan pipa-pipa dari boiler tersebut langsung berdampak pada produksi dari PLTU. Dipandang perlu untuk dilakukan analisa pola operasi manakah yang terbaik terhadap perubahan kualitas batubara berau.

3.2.2 Studi Literatur

Untuk membantu memahami dan menganalisa permasalahan yang ada maka dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan proses pembakaran, operasi PLTU, pulverizer. Studi literatur diperoleh dari manual book, jurnal, e-book, tugas akhir, website maupun handbook.

3.2.3 Penyiapan peralatan operasi

Penyiapan peralatan operasi dilakukan untuk menjaga parameter operasi bekerja pada parameter yang sama selama dilakukan variasi pada *Mill Air Fuel Ratio* (MARF) (1.7:1), (1.8:1), (1.9:1) dan variasi sudut pembukaan *classifier vane* dilakukan yaitu pada sudut 40 %, 45%, 50%, 55%, 60%.

3.2.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data operasi dilakukan untuk melakukan pengamatan dan Analisa yang optimum. Dari data logger di unit pembangkit, melakukan pengukuran *Iso kinetic sampling* dengan dua cara antara lain mengukur *velocity* pada *coal pipe* dengan cara *The Dirty Air Probe* dan pengambilan sample *fineness* dengan cara *The Isokinetic Coal Sampler*. Pengumpulan data karakteristik batuabara dengan melakukan uji Analisa proximate dan ultimate pada sample batubara yang diambil. Untuk mendapatkan data mengenai kualitas dari Pulveried fineness dilakukan screening atau penyaringan dengan mengukur berdasarkan berat sample.

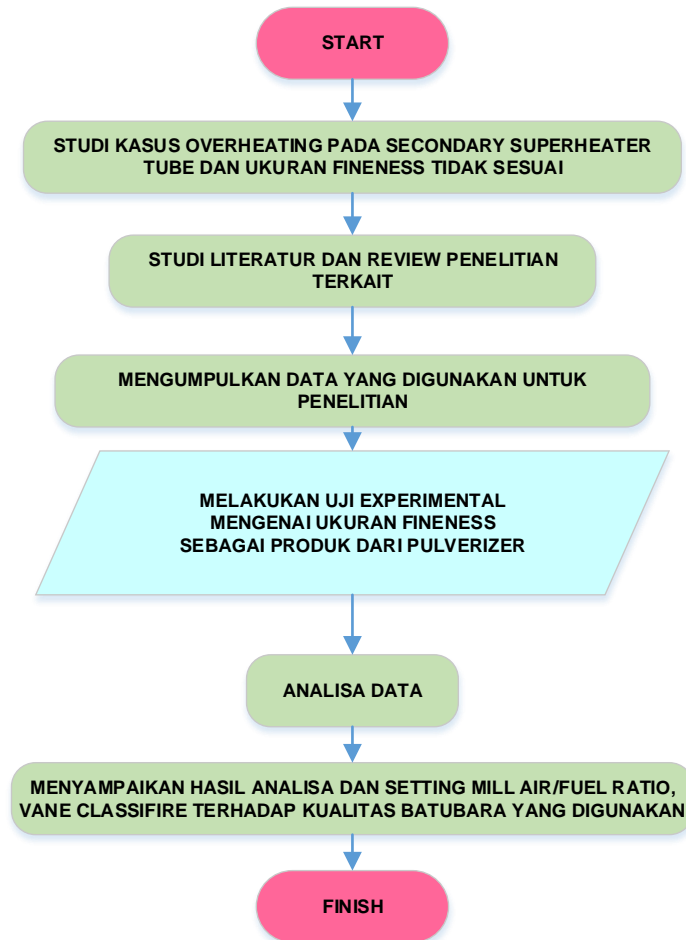
3.2.5 Perhitungan

Perhitungan dilakukan untuk menghitung kecepatan aliran pada pipa dan penambahan luasan kontak pembakaran adari kualitas fineness yang diamati. Hasil perhitungan tersebut akan digunakan untuk menganalisa pengaruh *Mill Air Fuel Ratio* (MAFR) dari laju aliran udara yang mengalir dari *Primary Air* (PA) dan laju dari *coal feeder* (CF) yang disesuaikan dengan setting dari pembukaan *vane classifire* untuk mendapatkan kualitas *pulverized finennes* terbaik pada jenis batubara berau.

3.2.6 Analisa dan Kesimpulan

Pada akhir Analisa didapat pola operasi yang terbaik dari *Mill Air Fuel Ratio* (MAFR) dari laju aliran udara yang mengalir dari *Primary Air* (PA) dan laju dari *coal feeder* (CF) yang disesuaikan dengan setting dari pembukaan *vane classifire*. Sehingga performance pembakaran dapat optimum dengan ditandai parameter metal temperature di sisi secondary superheater berada pada batasan desain.

3.3 Flow Chart penelitian



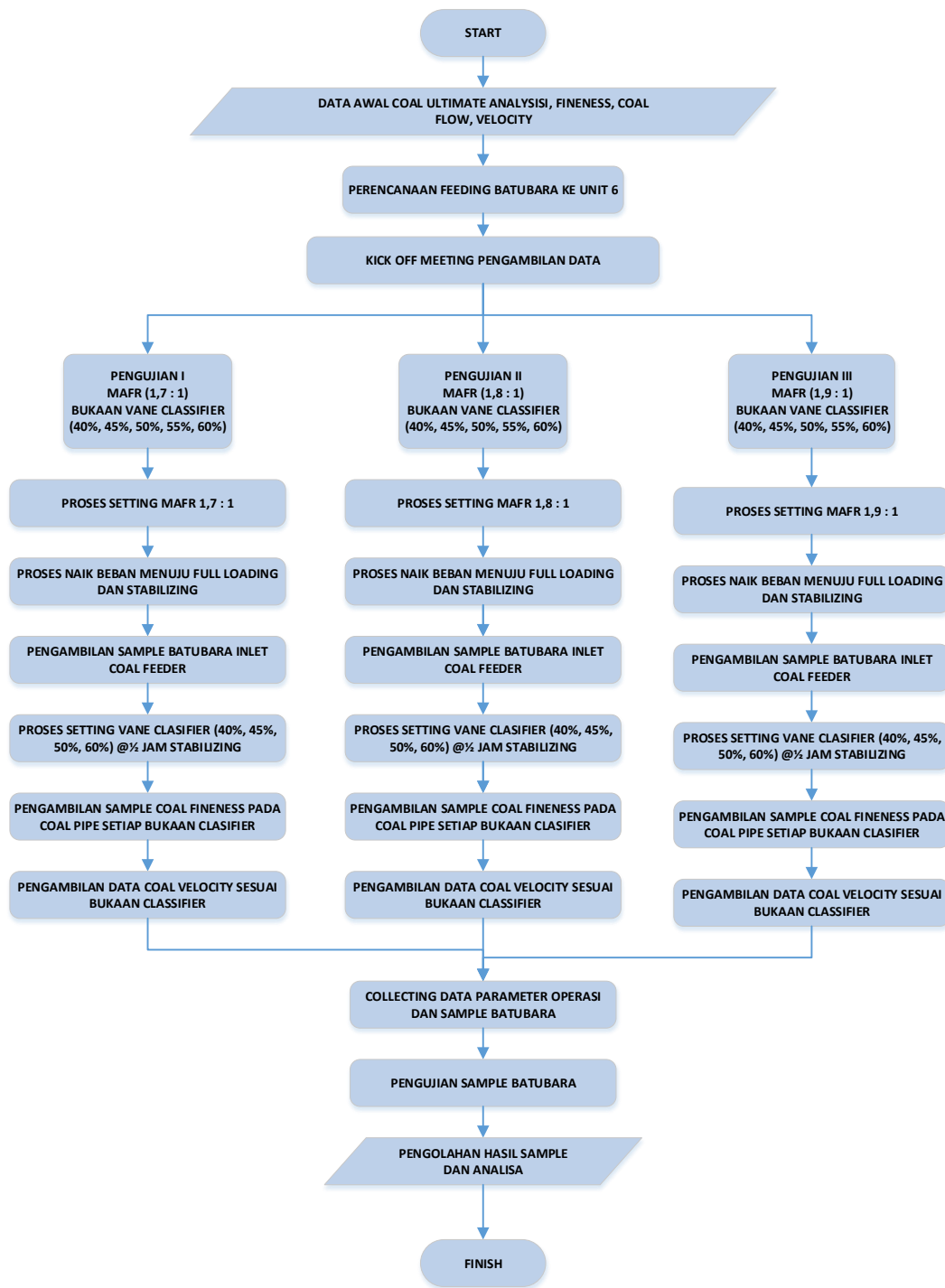
Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

3.3.1 Prosedur Pengambilan Data Eksperimen

Berikut prosedur pengambilan data eksperimen inidi susun seperti pada flowchart Gambar 3.3 :

1. Melakukan *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.

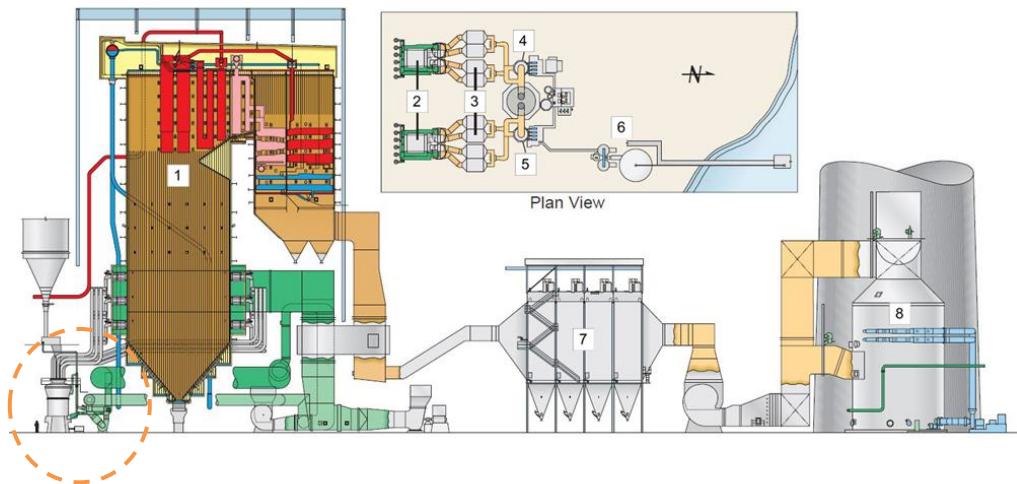
4. Memastikan feeding batubara yang masuk ke dalam boiler adalah batubara berau coal.
5. Memastikan beban unit adalah full load (100% MCR).
6. Melakukan proses stabilizing beban selama 1 jam operasi.
7. Melakukan pengambilan data sample batubara pada inlet coal feeder untuk memastikan kualitas feeding 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 *pulverizer pulverizer classifier* vane sebesar 40%, 45%, 50%, 55%, 65% dan variasi Mill Air Fuel Ratio 1.7:1, 1.8:1, dan 1.9:1.



Gambar 3.3 Flowchart Metode Eksperimen

3.4 Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan kegiatan eksperimen dilakukan pada pulverizer unit PLTU pada lokasi sesuai pada sekema object penelitian pada Gambar 3.4 Langkah awal dalam pelaksanaan studi eksperimen ini adalah mengkondisikan waktu pengujian pada beban puncak yaitu (100% MCR) 600MW seperti terlihat pada gambar Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Skema object penelitian unit PLTU



Gambar 3.5 Penyesuaian waktu pengujian terhadap beban maksimum 600MW (100% MCR)

Selanjutnya melakukan setting variasi pada mill air fuel ratio (MAFR) dengan mengatur bukaan damper dari primary air fan untuk menjaga PA Flow dan

mengatur laju dari coal feeder pada posisi yang di inginkan yaitu pada fase 1 (1.7:1), fase ke 2 (1.8:1) dan fase ke 3(1.9:1) sesuai pada Gambar 3.6.

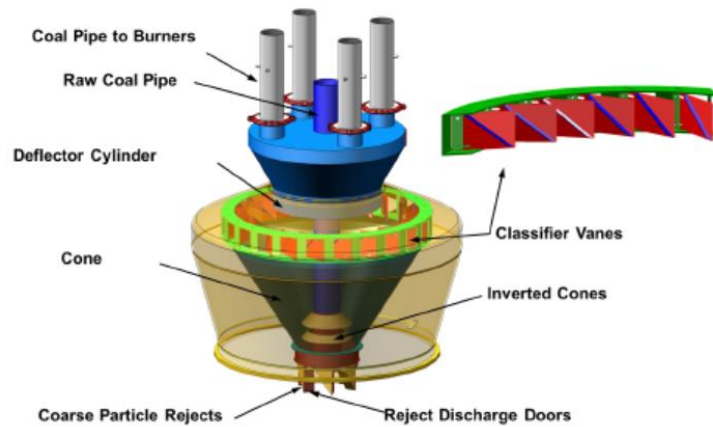


Gambar 3.6 Penyesuaian parameter operasi pada variasi MAFR

Setelah setting MAFR dilakukan maka dilakukan stabilizing selama 0,5 hingga 1 jam, setelah kondisi stabil maka dilanjutkan dengan melakukan Setting variasi sudut pembukaan *classifier* vane sesuai Gambar 3.7 dilakukan yaitu pada sudut 40 %, 45%, 50%, 55%, 60% pada setiap fasa pengujian.



Gambar 3.7 Penyesuaian parameter operasi pada variasi opening classifire



Gambar 3.8 Ilustrasi Classifier Pulverizer MPS 89N PLTU pada posisi pembukaan 100% (Babcock and Wilcox Company, 2006)

Kondisi bukaan Clasiifier *pulverizer* seperti pada Gambar 3.8. tersebut mengilustrasikan pembukaan *vane classifier* pada setting pembukaan yaitu 100%.

3.4.1 Pengujian Kualitas Batubara

Proses pengujian kualitas batubara diawali dari proses pengambilan sample raw batubara pada coal feeder seperti pada Gambar 3.9. Sample raw tersebut diambil dengan tujuan untuk mengetahui kualitas batubara setiap pelaksanaan pengujian. Properties batubara yang disebutkan di atas diperoleh dari Analisa laboratorium. Ada dua jenis analisa yang dapat dilakukan terhadap batubara ini.



Gambar 3.9 Sampling raw coal on coal feeder

3.4.1.1 Proximate Analysis

Berdasarkan ASTM D3172 merupakan suatu analisis yang dilakukan untuk menentukan kandungan air (moisture), zat terbang (volatile matter) abu serta carbon tetap (fixed carbon). Untuk melengkapi hasil pengujian, biasanya dicantumkan juga data tentang nilai kalor dan kandungan belerang. Pelaksanaan analisa Proximate dapat dilakukan menggunakan Makro Termogravimetri Analyzer atau Automatic Proximate Analyzer. Variabel-variabel tersebut diukur dalam persen berat (wt.%) dan dihitung dalam beberapa base yang berbeda:

- a. *As-Received base (AR)*. Perhitungan berdasarkan semua variable yang ada dan menggunakan berat total sebagai dasar pengukuran.
- b. *Air-Dried base (ADB)*. Perhitungan dengan menghilangkan unsur moisture selain IM.
- c. *Dry base (DB)*. Perhitungan dengan menghilangkan semua unsur moisture yang terkandung di dalam batubara.
- d. *Dry, ash free base (DAF)*. Perhitungan dengan menghilangkan semua kandungan moisture dan unsur abu.
- e. *Dry, mineral-matter-free base (DMMF)*. Perhitungan dengan menghilangkan unsur moisture dan mineral matters yang terkandung di dalam batubara

Penetapan Moisture pada Analysis Sample ditentukan dengan cara memanaskan 1 gram contoh batubara berukuran 60 mesh dalam oven pada suhu 105-107 °C selama 3 jam atau sampai berat konstan. Kehilangan berat selama pemanasan adalah berat moisture dari batubara tersebut.

Moisture (kadar-air) batubara terdapat dalam bentuk :

- a. *Inherent (Hygroscopic) moisture* adalah moisture yang terperangkap dalam struktur batubaranya. Moisture jenis ini dapat dihilangkan dengan pemanasan sampai 105 0C, dalam suasana gas non oksigen (biasanya dipakai gas N₂) selama 1 jam.
- b. *Surface moisture* adalah moisture yang melekat pada permukaan batubara dan dapat dihilangkan dengan pemanasan sampai suhu 320C. Adanya

surface moisture disebabkan karena pengangkutan, hujan dan lain sebagainya.

- c. Total moisture (TM) adalah air (moisture) yang terkandung dalam batubara, yang menggambarkan kandungan keseluruhan moisture yang terdapat dalam batubara. Total moisture dalam analisa terdiri dari Free Moisture dan Residual Moisture. Tinggi rendahnya total moisture tergantung pada :
- Peringkat Batubara (Rank) Semakin tinggi peringkat suatu batubara semakin kecil porositas batubara tersebut atau semakin padat batubara tersebut. Dengan demikian akan semakin kecil juga moisture yang dapat diserap atau ditampung dalam pori-pori batubara tersebut. Hal ini menyebabkan semakin kecil kandungan moisturenya terutama inherent moisturenya.
 - Size Distribusi Semakin kecil ukuran partikel batubara, maka semakin besar luas permukaannya. Hal ini menyebabkan semakin tinggi surface moisturenya. Pada nilai inherent moisture tetap, maka total moisture-nya akan naik karena naiknya surface moisture.
 - Kondisi pada saat sampling (pengambilan sampel) Total moisture dapat dipengaruhi oleh kondisi batubara pada saat sampling termasuk cuaca pada saat pengambilan sampel.

Tahap pertama pada proximate analysis dilakukan di ruang preparasi contoh dengan menimbang contoh, kemudian dikeringkan pada suhu ruangan sampai diperoleh berat konstan (perbedaan berat penimbangan terakhir dengan berat penimbangan sebelumnya harus $<0.1\%$). Kehilangan berat dihitung persentasinya dan disebut dengan air dry loss (ASTM) atau free moisture (ISO/BS/AS). Setelah dicapai berat konstan, contoh digiling ke partikel tertentu, diambil sebagian dan dikirimkan ke laboratorium untuk dianalisa residual moisture-nya, dengan cara memanaskan contoh tersebut dalam oven pada suhu $105-110^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam sambil dialiri gas nitrogen.

3.4.1.2 Ultimate Analysis

Sample uji batubara yaitu sample GA (general analisis) pada fase uji dilakukan analisa ultimat ini adalah untuk menentukan unsur pokok

batubara dalam bentuk unsur kimia dasar yaitu carbon (C), hydrogen (H), Oxygen (O), Sulfur (S) dan elemen-elemen lain yang terdapat dalam sample batubara yang dianalisa. Variabel-variabel ini diukur dalam persen berat (% wt) dan dihitung dengan base-base yang telah disebutkan di atas.

3.4.1.3 Hardgrove Gridability Index (Indeks Ketergerusan)

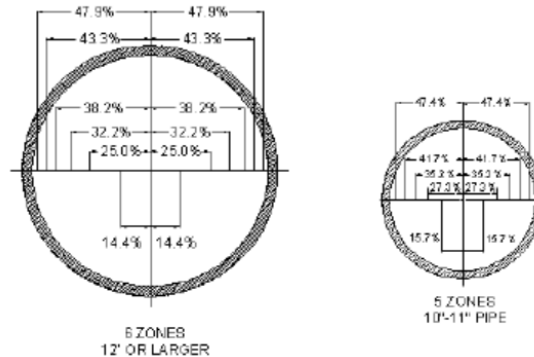
Hardgrove grindability index atau nilai ketergerusan hardgrove adalah angka yang menunjukkan kemudahan batubara untuk digerus. Nilai HGI yang tinggi menyatakan batubara tersebut mudah digerus dan sebaliknya.

3.4.2 Pengambilan data operasi dan pengambilan sampel

Dalam kegiatan eksperimental maka data yang didapatkan adalah:

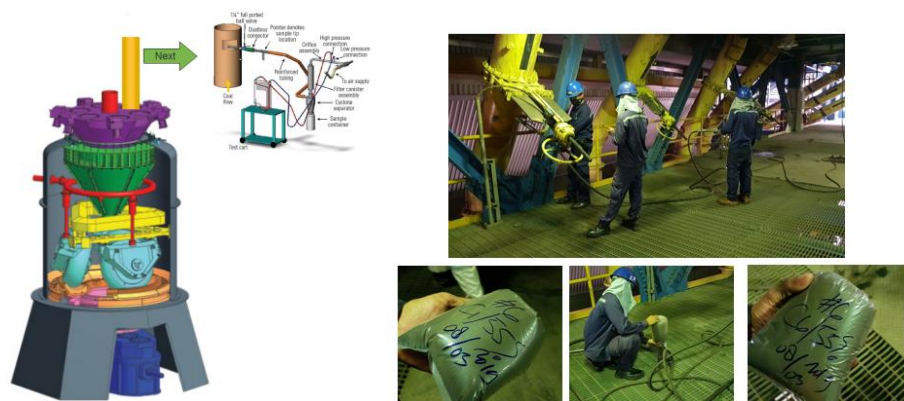
- a. Pengambilan data sampel *fineness* dan *dirty velocity coal pipe*

Sebelum pengambilan data dipastikan bahwa sudah ditentukan traverse point pada peralatan sample berdasarkan pada besar coal pile sesuai dengan Gambar 3.10.



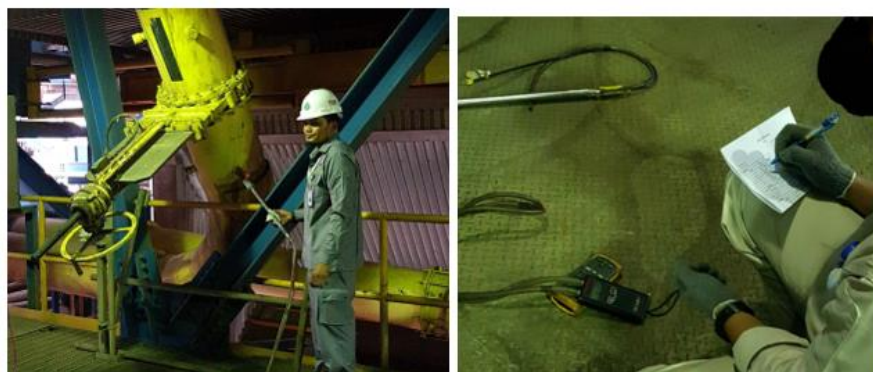
Gambar 3.10 Equal Traverse point grid for circular ducts and pipes

Untuk mengambil sampel *fineness* yang dilakukan pada coal pipe *Pulverizer* C, gambar skematik sampel *fineness* batubara sesuai dengan Gambar 3.11 dibawah ini:



Gambar 3.11 Schematic & pengambilan data *fineness* pada coal pipe (Babcok and Wilcox Company, 2006)

Untuk mengambil data *dirty velocity* yang dilakukan pada coal pipe *Pulverizer C* dilakukan dengan cara memasukkan probe melalui konektor (*dust less*). Buka katup valve bola penuh, maka probe akan menutup, tempatkan probe pada tanda pertama dengan pointer probe diarahkan pada aliran dan dilakukan pengamatan. Indikasi manometer akan menunjuk dan stabil, kemudian dilakukan pencatatan nilainya dan pindah ke titik berikutnya. Proses ini dilakukan berulang untuk semua 12 titik lintasan. Pengambilan *dirty velocity* coal pipe sesuai dengan Gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12 Pengambilan *dirty velocity* pada coal pipe

b. Pengambilan Data Loger

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).

Time	06AE_TE024900	06AE_TE025000	06AE_TE025100	06AE_TE025200	06AE_TE026200	06AE_TE026300	06AE_TE026500
	METAL TEMP - SSH OUTLET [C]	METAL TEMP - SSH OUTLET [C]	METAL TEMP - SSH OUTLET [C]	METAL TEMP - SSH OUTLET [C]	METAL TEMP - SSH OUTLET [C]	METAL TEMP - SSH OUTLET [C]	METAL TEMP - SSH OUTLET [C]
08/03/2019 00:00	579.14	562.32	534.52	516.16	470.72	471.64	371.66
08/03/2019 00:15	570.87	554.29	529.78	511.57	468.09	468.46	377.43
08/03/2019 00:30	576.47	560.43	538.42	519.53	477.38	479.01	372.17
08/03/2019 00:45	578.05	561.29	534.80	516.10	470.81	471.04	373.78
08/03/2019 01:00	582.67	565.54	534.62	515.41	465.87	466.39	377.14
08/03/2019 01:15	581.75	563.91	534.30	514.74	465.19	466.43	376.17
08/03/2019 01:30	579.79	561.81	537.22	518.33	469.40	470.80	372.63
08/03/2019 01:45	577.90	560.69	531.92	512.08	462.93	463.57	368.52
08/03/2019 02:00	580.52	559.72	536.49	514.40	464.36	465.11	369.28
08/03/2019 02:15	584.04	560.95	533.26	511.72	461.01	461.97	370.25
08/03/2019 02:30	581.58	559.38	534.08	512.26	461.43	461.65	368.72
08/03/2019 02:45	580.23	558.16	532.74	510.81	458.42	458.87	367.70
08/03/2019 03:00	582.24	561.70	532.65	511.92	461.23	461.37	362.05
08/03/2019 03:15	564.63	546.04	518.13	499.83	453.68	453.85	365.03
08/03/2019 03:30	578.01	559.20	530.54	510.69	460.67	461.07	363.36
08/03/2019 03:45	579.36	560.52	531.06	511.27	461.48	461.87	362.88
08/03/2019 04:00	580.79	561.78	532.46	512.29	462.19	462.37	362.24
08/03/2019 04:15	576.14	556.26	527.71	507.45	458.60	458.51	363.06
08/03/2019 04:30	576.46	557.89	528.65	509.23	460.31	460.59	363.22
08/03/2019 04:45	578.81	560.09	532.05	511.99	461.92	462.38	365.21

Gambar 3.13 Parameter metal Temperatur pada Data Logger

c. Pengambilan data log Sheet Operator

Pengambilan data log sheet operator dilakukan dengan melakukan pengambilan data pengamatan operasi pembangkit selama proses pengujian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter yang tidak tercantum pada data Loger Gambar 3.14.

UNIT :		MONITORING PARAMETER PULVERIZER / MILL																					
TANGGAL :		LOG SHEET CONTROL ROOM 5-7 (7/10)																					
HARI :		MILL A					MILL B					MILL C											
JAM		FEEDER FLOW	MILL OUTLET TEMP	PRIMARY AIR FLOW	PA FLOW DAMPER OPENING	CURRENT	MILL DP	ROWA TOTAL AIR FLOW	FEEDER FLOW	MILL OUTLET TEMP	PRIMARY AIR FLOW	PA FLOW DAMPER OPENING	CURRENT	MILL DP	ROW-B TOTAL AIR FLOW	FEEDER FLOW	MILL OUTLET TEMP	PRIMARY AIR FLOW	PA FLOW DAMPER OPENING	CURRENT	MILL DP	ROW-C TOTAL AIR FLOW	
SATUAN		th	deg C	th	%	Ampere	mmHg	th	th	deg C	th	%	Ampere	mmHg	th	th	deg C	th	%	Ampere	mmHg	th	
MAX.		70	85	140	95	158	500	528	70	85	140	95	158	500	528	70	85	140	95	158	500	528	
MIN.		25	45	52	20	50	40	50	25	45	52	20	50	40	50	25	45	52	20	50	40	50	
0100		53	62	88	52	192	282	380	53	66	92	64	112	308	385	53	66	88	52	103	257	384	
0300		53	67	92	57	105	287	366	53	63	94	66	109	317	387	54	64	81	57	102	246	382	
0500		52	62	80	52	104	293	380	51	67	92	67	118	250	266	52	66	90	50	102	252	381	
0700		47	65	87	47	102	241	331	47	66	90	50	112	235	331	47	66	87	46	102	230	373	
0900		50	65	88	50	105	242	324	50	67	91	65	113	231	323	50	65	89	48	103	237	371	
1100		50	65	88	49	103	246	326	50	66	92	65	110	226	327	50	68	89	49	102	233	375	
1300		49	66	88	49	104	249	324	49	66	90	50	108	248	325	49	67	88	50	102	230	373	
1500		52	67	97	51	100	245	327	50	66	92	65	108	269	328	49	66	88	51	105	226	381	
1700		51	65	87	52	106	251	320	51	64	92	66	108	260	321	51	65	87	52	105	227	382	
1900		53	65	91	56	106	267	304	53	60	95	68	114	324	386	53	64	91	58	104	232	385	
2100		52	65	90	55	107	288	306	53	59	94	68	115	323	387	54	64	90	57	105	227	386	
2300		54	67	91	57	105	281	320	54	60	95	71	117	336	389	54	62	92	60	104	224	370	
2400																							

Gambar 3.14 Log sheet Monitoring parameter operasi pulverizer

3.4.3 Peralatan Pendukung

Untuk menunjang eksperimen ini diperlukan alat sebagai berikut:

A. *Automatic Calorimeter LECO AC-350*



Gambar 3.15 Chassis Dynamometer Dynostar LECO D70

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. Pada Automatic Calorimeter LECO AC 350 Gambar 3.15, 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 diteruskan 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.

B. 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 analyze 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 3.16 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 anhydronne 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.

C. 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 3.17 DAQ Pro 5300 dan Thermocouple

D. Thermogravimetric Analyzer TGA-601

Alat Analisis Termogravimetri Leco TGA-601 adalah alat yang dirancang untuk mengukur persen total Kelembaban / Abu dalam batubara.



Gambar 3.18 Termogravimetri Leco TGA-601

Secara efektif menentukan kadar Kelembaban / Abu didapatkan selama pengujian 4,25 jam dalam partikel batubara pada berbagai tingkat Kelembaban / Abu, Thermogravimetric Analyzer TGA-601 Gambar 3.18 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. TGA-601 juga mampu untuk pengenalan gas variabel (oksigen, nitrogen, atau udara) melalui perakitan tombak bawaan.

E. Elemental Analyzer Leco CHN-2000

Elemental Analyzer Leco CHN-2000 Gambar 3.19 adalah alat yang digunakan untuk Penganalisis Unsur Karbon, Hidrogen, dan Nitrogen dalam organic.



Gambar 3.19 Elemental Analyzer Leco CHN-2000

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data untuk experimental Pengaruh variasi setting *mill air fuel ratio* dan Total Mousture batubara terhadap *fineness* 200 Mesh untuk batubara Berau dilakukan di Unit 6 yaitu pada *pulverizer* 6C.

4.1 Analisa Sampling batubara

Pengambilan sampel batubara tersebut dilakukan melalui *sampling pot inlet Coal Feeder pulverizer* 6C untuk selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui ultimate analysis Batubara Berau Data Analisa kualitas batubara Berau Coal yang digunakan adalah sebagai berikut Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Analisa Kualitas Batubara Berau

CERTIFICATE OF SAMPLING AND ANALYSIS

Parameters	Units	Results			Methods
		ARB	ADB	DB	
Proximate Analysis:					
- Total Moisture	% wt	24.58	-	-	ASTM D3302/D3302M-17
- Moisture in analysis	% wt	-	16.08	-	ASTM D 3173-17
- Ash Content	% wt	5.40	6.01	7.16	ASTM D 3174-12
- Volatile Matter	% wt	34.90	38.83	46.27	ASTM D 3175-17
- Fixed Carbon	% wt	35.12	39.08	46.57	ASTM D 3172-13
Total Sulfur	% wt	0.99	1.10	1.31	ASTM D 4239-14
Gross Calorific Value	Kcal/Kg	5010	5575	6643	ASTM D 5865-13
Ultimate Analysis:					
- Total Moisture	% wt	24.58	-	-	ASTM D3302/D3302M-17
- Moisture in analysis	% wt	-	16.08	-	ASTM D 3173-17
- Ash Content	% wt	5.40	6.01	7.16	ASTM D 3174-12
- Sulfur	% wt	0.99	1.1	1.31	ASTM D 4239-14
- Hydrogen (*)	% wt	4.71	5.24	6.24	ASTM D 5373-16
- Carbon	% wt	54.30	60.42	72.00	ASTM D 5373-16
- Nitrogen	% wt	0.95	1.06	1.26	ASTM D 5373-16
- Oxygen (*)	% wt	9.07	10.09	12.03	ASTM D 3176-15
HGI	Point Index		50		ASTM D 409-12

Dari hasil uji analisa diketahui batubara berau memiliki total moisture sebesar 24.58 % wt, dengan NK sebesar 5010 Kcal/kg dan HGI sebesar 50. Hasil yang didapat sudah menunjukkan bahwa kualitas batubara ini sudah sesuai dengan kualitas dari typical Kalimantan timur.

4.2 Analisa data experimental

Dalam proses penelitian menggunakan metode experimental variasi setting *mill air fuel ratio* dan Total Mousture batubara terhadap *fineness* 200 Mesh

dengan Variasi terhadap Mill Air Fuel Ratio dilakukan yaitu dengan melakukan pengambilan data pada Mill Air Fuel Ratio (1.7:1); (1.8:1) dan (1.9:1). variasi pembukaan dari 40%, 45%, 50%, 55%, dan 60 %. Ilustrasi mengenai bentuk system Dalam proses penelitian menggunakan metode eksperimental dilakukan pada setting *classifier* dengan variasi pembukaan dari 40%, 45%, 50%, 55%, dan 60 %. Dari hasil penelitian secara eksperimental pada *pulverizer* ini didapatkan bahwa :

4.2.1 Data Coal Pipe Velocity

1. Untuk Mill Air Fuel Ratio (MAFR) 1.7 :1

Data yang diperoleh dari variasi pembukaan vane *classifier pulverizer* pada 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Coal Pipe Velocity pada MAFR 1.7:1

Mill Air Fuel Ratio	1.7 :1				
Posisi Bukaannya vane <i>Classifier</i>	40%	45%	50%	55%	60%
Average Coal Pipe Velocity (m/s)	19,215	22,392	26,240	31,315	32,075

Terlihat pada Tabel 4.2 bahwa pada MAFR (1.7:1) bahwa coal pipe velocity memiliki range antar (19,215 m/s – 32, 075 m/s) dan meningkat mengikuti pembukaan dari vane *classifier* nya.

2. Untuk Mill Air Fuel Ratio (MAFR) 1.8 :1

Data yang diperoleh dari variasi pembukaan vane *classifier pulverizer* pada 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah seperti terlihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Data Coal Pipe Velocity pada MAFR 1.8:1

Mill Air Fuel Ratio	1.8 :1				
Posisi Bukaannya vane <i>Classifier</i>	40%	45%	50%	55%	60%
Average Coal Pipe Velocity (m/s)	22,805	29,315	31,170	31,454	32,500

bahwa dengan MAFR (1.8:1) diperoleh coal pipe velocity pada range (22,805 m/s – 32,500 m/s). deviasi kenaikan tertinggi terlihat pada bukaan calssifire 40% ke 50%.

3. Untuk Mill Air Fuel Ratio (MAFR) 1.9 :1

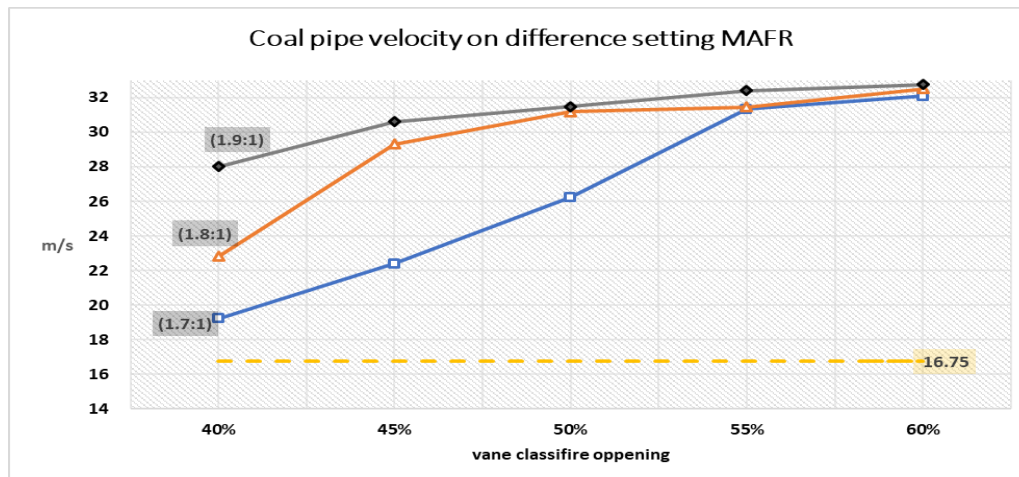
Data yang diperoleh dari variasi pembukaan vane *classifier pulverizer* pada 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data Coal Pipe Velocity pada MAFR 1.9:1

Mill Air Fuel Ratio	1.9 :1				
Posisi Bukaan vane Classifier	40%	45%	50%	55%	60%
Average Coal Pipe Velocity (m/s)	28,0134	30,6081	31,485	32,412	32,747

Terlihat pada Tabel 4.4 bahwa pada MAFR (1.9:1) bahwa coal pipe velocity memiliki range antar (28,013 m/s – 32, 747 m/s) dan meningkat mengikuti pembukaan dari vane classifier nya. Peningkatan pada bukaan 50% - 60% hanya sedikit deibandingkan bukaan 40%-45%, yang menandakan sudah mencapai kecepatan maksimum saat clasifire dibuka lebih besar.

Analisa uji experimental terhadap variasi Mill Air Fuel Ratio dan variasi Posisi Bukaan vane *Classifier* didapat distribusi kecepatan yang diatas batasan minimum desian *pulverizer* yaitu sebesar 16,75 m/s (Babcok and Wilcox Company, 2006) pada Gambar 4.1 terlihat Average Coal Pipe Velocity (m/s) pada MAFR (1.7:1), pada MAFR (1.8:1), pada MAFR (1.9:1) terjadi peningkatan kecepatan pada bukaan vane *Classifier* 40% dan mulai meningkat pada pembukaan vane *Classifier* 50%. Peningkatan kecepatan tertinggi ada pada MAFR (1.9:1) dengan bukaan vane *Classifier* sebesar 60%.



Gambar 4.1 Coal Pipe velocity terhadap setting Mill Air Fuel Ratio

Pada Gambar 4.1 diketahui pada setiap bukaan classifier yang sama setting MAFR yang tinggi akan menghasilkan *coal velocity* yang tinggi pula. Begitu juga dengan peningkatan *coal velocity* yang terjadi saat bukaan *vane classifier* membesar. Hal ini menandakan terjadi peningkatan massa udara (\dot{m}_{udara}) dalam system pulverizer bertambah seiring dengan peningkatan laju coal feeder ($\dot{m}_{batubara}$) yang menyesuaikan terhadap kebutuhan batubara terhadap beban maksimum pada setting MAFR tertentu.

4.2.2 Pulverized fineness Quality

1. Data produksi *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.7:1

Data produksi *fineness* pada uji eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier vane pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 *Fineness* lolos 200 mesh pada MAFR 1.7:1

Mill Air Fuel Ratio	1.7 :1				
Posisi Bukaan vane Classifier	40%	45%	50%	55%	60%
Average prosentase lolos 200 mesh (%)	76.10	72.16	62.53	56.17	51.07
Average prosentase tertahan 50 mesh (%)	0.49	0.56	0.35	0.70	1.72

2. Data produksi *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.8:1

Data produksi *fineness* pada uji eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier vane pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 *Fineness* lolos 200 mesh pada MAFR 1.8:1

Mill Air Fuel Ratio	1.8 :1				
Posisi Bukaannya vane <i>Classifier</i>	40%	45%	50%	55%	60%
Average prosentase lolos 200 mesh (%)	77.07	78.25	70.73	69.63	55.50
Average prosentase tertahan 50 mesh (%)	0.27	0.50	0.40	0.37	2.19

3. Data produksi *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.9:1

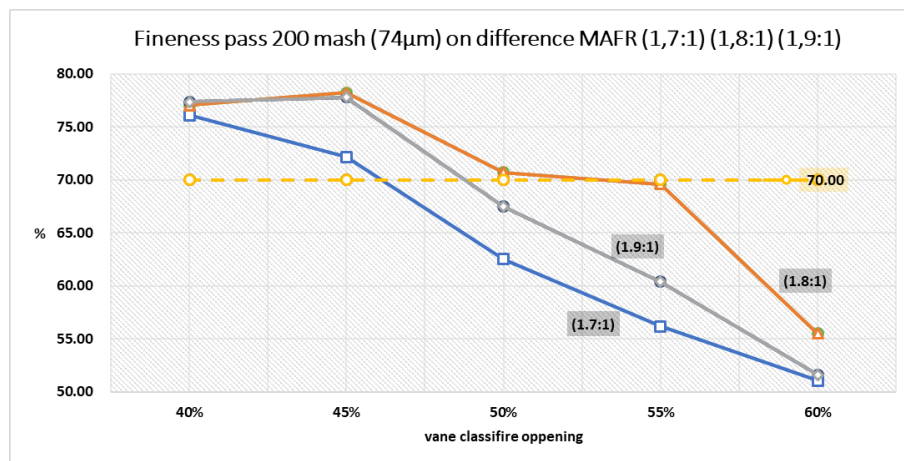
Data produksi *fineness* pada uji eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier vane pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 *Fineness* lolos 200 mesh pada MAFR 1.9:1

Mill Air Fuel Ratio	1.9 :1				
Posisi Bukaannya vane <i>Classifier</i>	40%	45%	50%	55%	60%
Average prosentase lolos 200 mesh (%)	77.36	77.82	67.48	60.41	51.62
Average prosentase tertahan 50 mesh (%)	0.27	0.71	0.31	0.67	2.80

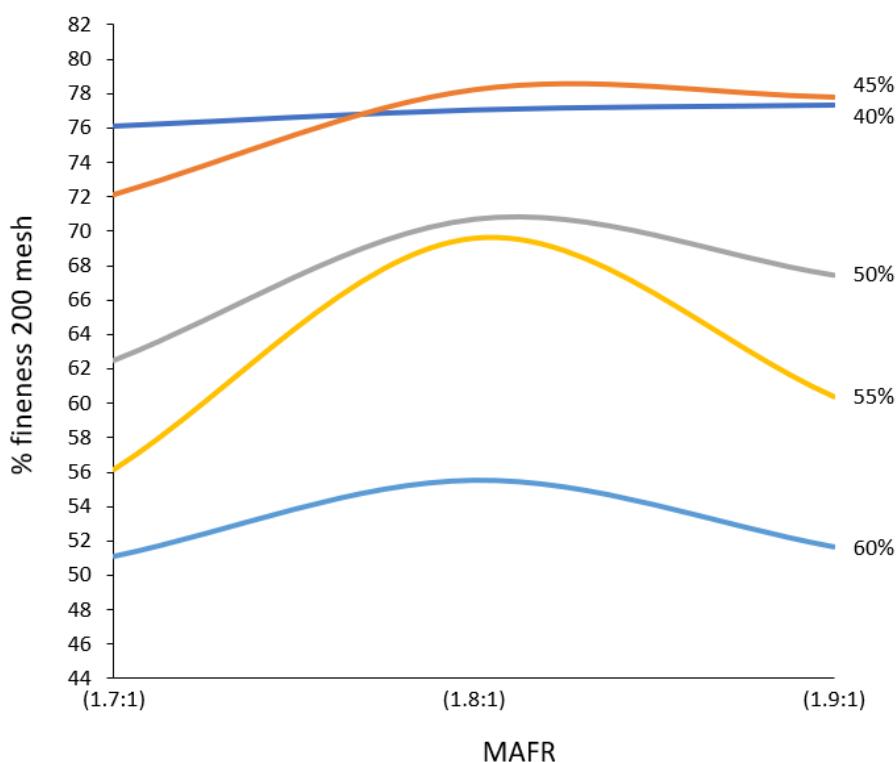
Hasil uji experimental terhadap variasi Mill Air Fuel Ratio dan variasi Posisi Bukaannya vane *Classifier* didapat *Fineness* lolos 200 mesh ($74\mu\text{m}$) bervariasi terhadap batasan minimum desain *pulverizer* yaitu sebesar 70% (Babcock and Wilcox Company, 2006) pada Gambar 4.2 terlihat

Average prosentase lolos 200 mesh (%) pada MAFR (1.7:1) terlihat menurun seiring dengan perubahan *classifier* yang semakin lebar dan melewati batas minimum pada bukaan *classifier* sebesar 50% dengan *fineness* lolos 200 mesh sebesar 62,53%, pada MAFR (1.9:1) prosentase lolos 200 mesh (%) saat bukaan 40% lolos *fineness* sebesar 77,36% dan sedikit meningkat sebesar 78,82% pada bukaan 45% akan tetapi terus mengalami penurunan dan melewati batas minimum pada bukaan *classifier* sebesar 50% dengan *fineness* lolos 200 mesh sebesar 67,48% dan terus mengalami penurunan. Pada MAFR (1.8:1) prosentase lolos 200 mesh (%) saat bukaan 40% lolos *fineness* 200 mesh (%) sebesar 77,07% dan meningkat sebesar 78,25% pada bukaan 45%, lolos *fineness* 200 mesh (%) terus menurun pada bukaan 50% dan 55% yang kemudian menurun tajam melewati batasan lolos *fineness* 200 mesh (%) sebesar 55,50% pada bukaan 60%. Dari data experimental ini terlihat bahwa setting MAFR di (1.8:1) memiliki rentang pembukaan vane *classifier* yang cukup lebar yaitu antara 40%-55% dengan hasil lolos *fineness* 200 mesh (%) yang masih diatas batas desain.



Gambar 4.2 *Fineness* pass 200 mesh (74µm) on difference setting MAFR

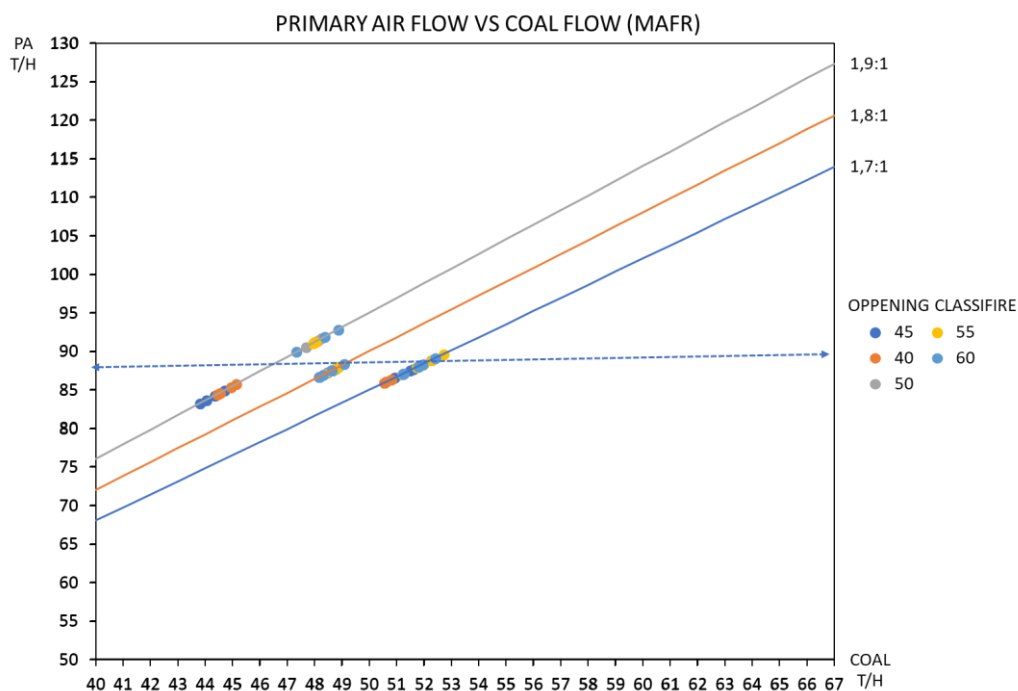
%Fineness 200 mesh terhadap MAFR pada variasi Opening Vane Classifire



Gambar 4.3 %Fineness 200 mesh terhadap MAFR pada variasi Opening Vane Classifire

Pada **Error! Reference source not found.** didapatkan bahwa pada bukaan 50%, 55%, 60% disetiap setting MAFR mendapatkan hasil kualitas lolos 200 mesh dibawah 70%. Sedangkan pada gambar 4.3 didapatkan bahwa pada bukaan 40%, 45% di setiap setting MAFR didapatkan hasil kualitas lolos 200 mesh diatas 70%, setting terbaik didapatkan pada pembukaan 45% dari MAFR (1,8:1).

Pada saat pengujian didapatkan bahwa pada MAFR (1,7:1) rata-rata kualitas lebih rendah dibandingkan MAFR (1,9 : 1) maupun MAFR (1,8 :1) seperti pada gambar 4.2. Dapat terlihat pada gambar 4.4 terlihat pada (MAFR (1,7:1) coal flow sebesar 51-53MT/h pada kondisi tersebut PA Flow sebesar 87 T/h. Didapatkan pada saat pengujian opening classifier 50%, 55%, 60% rata-rata PA Flow diatas 87T/h pada setiap variasi MAFR.



Gambar 4.4 Primary Air Flow VS Coal Flow

4.2.3 Perhitungan Luas permukaan kontak pembakaran

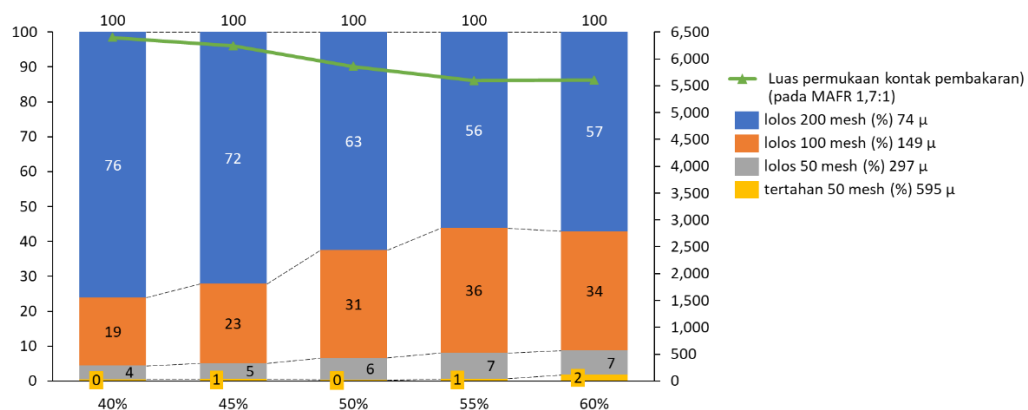
Dengan memperhitungkan prosentase berat masing-masing partikel dan memperhitungkan ukuran partikel maka dengan perhitungan akan didapat luas permukaan kontak pembakaran.

1. Luas permukaan kontak pembakaran *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.7:1 pada uji eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier* vane *pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.7:1

Mill Air Fuel Ratio	1.7 :1				
Posisi Bukaane vane Classifier	40%	45%	50%	55%	60%
lolos 200 mesh (%) 74 μ	76.10%	72.16%	62.53%	56.17%	51.07%
lolos 100 mesh (%) 149 μ	19.43%	22.64%	30.81%	35.80%	39.18%
lolos 50 mesh (%) 297 μ	3.98%	4.64%	6.31%	7.33%	8.03%
tertahan 50 mesh (%) 595 μ	0.49%	0.56%	0.35%	0.70%	1.72%
	Jumlah Partikel (n)				
lolos 200 mesh (%) 74 μ	325,929,314	309,054,655	267,810,249	240,570,953	218,728,121
lolos 100 mesh (%) 149 μ	10,194,235	11.879,484	16,164,459	18,781,604	20,558,301
lolos 50 mesh (%) 297 μ	263,642	307,226	418,043	485,728	531,677

tertahan 50 mesh (%) 595 μ	4,037	4,614	2,884	5,767	14,171
	Luas permukaan kontak pembakaran (cm²)				
lolos 200 mesh (%) 74 μ	56,093.37	53,189.19	46,090.91	41,402.95	37,643.73
lolos 100 mesh (%) 149 μ	7,112.98	8,288.86	11,278.68	13,104.78	14,344.47
lolos 50 mesh (%) 297 μ	730.89	851.72	1,158.93	1,346.57	1,473.96
tertahan 50 mesh (%) 595 μ	44.92	51.34	32.09	64.17	157.68
TOTAL Luas permukaan kontak pembakaran (cm²)	63,982.16	62,381.10	58,560.61	55,918.48	53,619.84
Berat satu partikel dianggap tetap (gr)	100				
Diameter partikel (mm)	30				
Luas permukaan kontak pembakaran partikel besar (cm ²)	28.29				
Penambahan luas kontak permukaan (kali)	2262.00	2205.39	2070.32	1976.92	1895.65



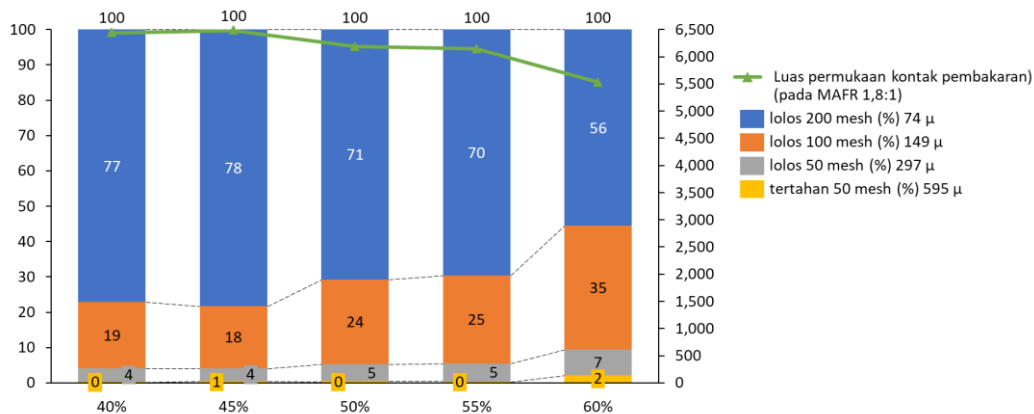
Gambar 4.5 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.7:1

- Luas permukaan kontak pembakaran *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.8:1 pada uji eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier* vane *pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% seperti pada Tabel 4.9 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.8:1

Mill Air Fuel Ratio	1.8 :1				
Posisi Bukaan vane Classifier	40%	45%	50%	55%	60%
lolos 200 mesh (%) 74 μ	77.07%	78.25%	70.73%	69.63%	55.50%
lolos 100 mesh (%) 149 μ	18.81%	17.64%	23.96%	24.90%	35.12%
lolos 50 mesh (%) 297 μ	3.85%	3.61%	4.91%	5.10%	7.19%
tertahan 50 mesh (%) 595 μ	0.27%	0.50%	0.40%	0.37%	2.19%

Jumlah Partikel (n)					
lolos 200 mesh (%) 74 μ	330,083,735	335,137,566	302,930,097	298,218,898	237,701,405
lolos 100 mesh (%) 149 μ	9,867,636	9,253,630	12,571.873	13,063,949	18,424,522
lolos 50 mesh (%) 297 μ	255,196	239,316	325,132	337,858	476,493
tertahan 50 mesh (%) 595 μ	2,225	4,120	3,296	3,048	18,044
Luas permukaan kontak pembakaran (cm ²)					
lolos 200 mesh (%) 74 μ	56,808.35	57,678.13	52,135.14	51,324.32	40,909.09
lolos 100 mesh (%) 149 μ	6,885.10	6,456.68	8,771.97	9,115.31	12,855.63
lolos 50 mesh (%) 297 μ	707.47	663.45	901.36	936.64	1,320.97
tertahan 50 mesh (%) 595 μ	24.75	45.84	36.67	33.92	200.76
TOTAL Luas permukaan kontak pembakaran (cm²)	64,425.68	64,844.10	61,845.13	61,410.20	55,286.46
Berat satu partikel dianggap tetap (gr)	100				
Diameter partikel (mm)	30				
Luas permukaan kontak pembakaran partikel besar (cm ²)	28.29				
Penambahan luas kontak permukaan (kali)	2277.68	2292.47	2186.44	2171.07	1954.57



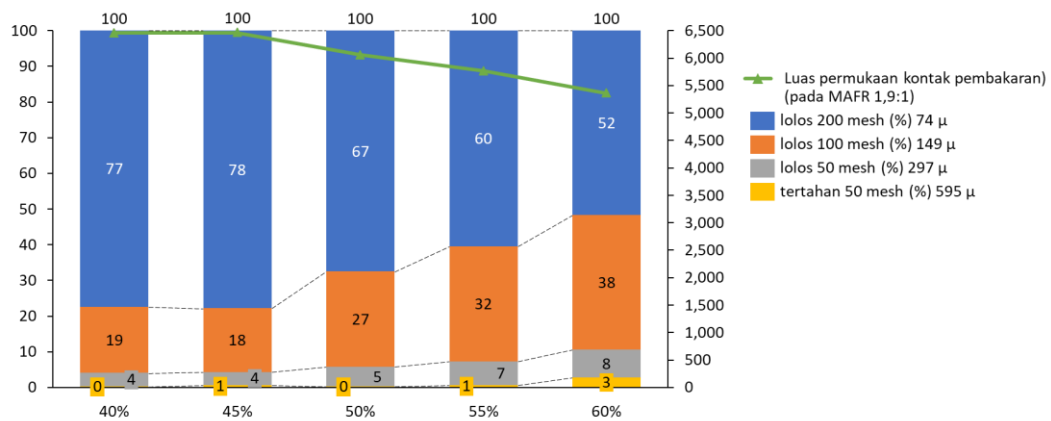
Gambar 4.6 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.8:1

- Luas permukaan kontak pembakaran *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.9:1 pada uji eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier* vane *pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% seperti pada Tabel 4.10 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.9:1

Mill Air Fuel Ratio	1.9 :1				
Posisi Buka vane Classifier	40%	45%	50%	55%	60%
lolos 200 mesh (%) 74 μ	77.36%	77.82%	67.48%	60.41%	51.62%
lolos 100 mesh (%) 149 μ	18.57%	17.82%	26.73%	32.30%	37.83%
lolos 50 mesh (%) 297 μ	3.80%	3.65%	5.48%	6.62%	7.75%

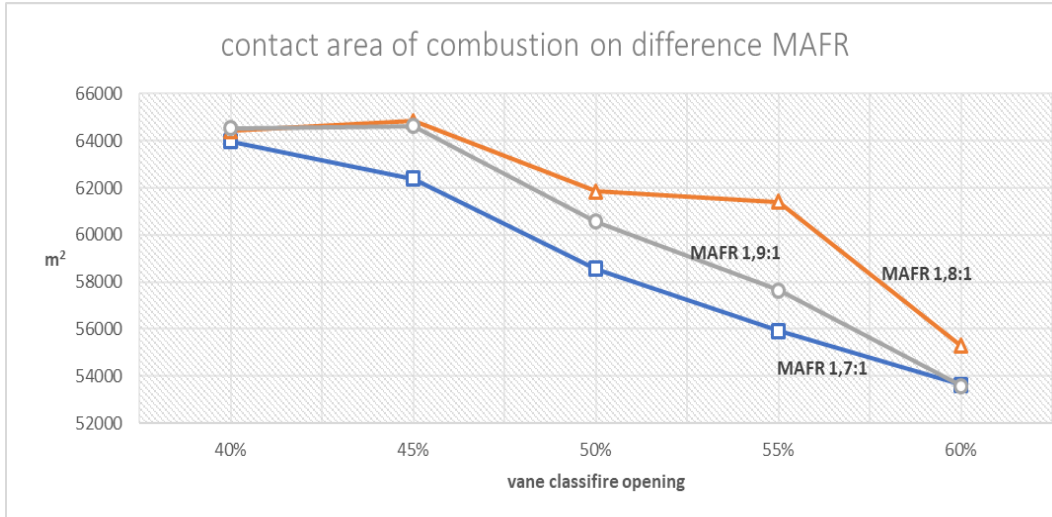
tertahan 50 mesh (%) 595 μ	0.27%	0.71%	0.31%	0.67%	2.80%
Jumlah Partikel (n)					
lolos 200 mesh (%) 74 μ	331,325,778	333,295,916	289,010,645	258,730,484	221,083,721
lolos 100 mesh (%) 149 μ	9,741,351	9,349,433	14,026,326	16,948,296	19,848,493
lolos 50 mesh (%) 297 μ	251.930	241.794	362,747	438,315	513,320
tertahan 50 mesh (%) 595 μ	2,225	5,850	2,554	5,520	23,070
Luas permukaan kontak pembakaran (cm²)					
lolos 200 mesh (%) 74 μ	57,022.11	57,361.18	49,739.56	44,528.26	38,049.14
lolos 100 mesh (%) 149 μ	6,796.99	6,523.53	9,786.81	11.825.60	13,849.20
lolos 50 mesh (%) 297 μ	698.42	670.32	1,005.64	1,215.13	1,423.07
tertahan 50 mesh (%) 595 μ	24.75	65.09	28.42	61.42	256.68
TOTAL Luas permukaan kontak pembakaran (cm²)	64,542.27	64,620.12	60,560.42	57,630.41	53,578.09
Berat satu partikel dianggap tetap (gr)	100				
Diameter partikel (mm)	30				
Luas permukaan kontak pembakaran partikel besar (cm ²)	28.29				
Penambahan luas kontak permukaan (kali)	2281.80	2284.55	2141.03	2037.44	1894.17



Gambar 4.7 Luas permukaan kontak pembakaran untuk Mill Air Fuel Ratio 1.9:1

Dari pengukuran dan perhitungan pada Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa semakin kecil bukaan vane classifier akan meningkatkan luas permukaan kontak pembakaran. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas dari pulverized finnes yang merupakan produk dari pulverizer akan menghasilkan kualitas terbaik pada bukaan 40%-45% dari semua variasi mill air fuel ratio. Luas

permukaan kontak pembakaran tertinggi didapat pada variasi MAFR 1.8:1 dengan bukan vane classifier sebesar 45%.



Gambar 4.8 Luas permukaan kontak pembakaran terhadap variasi *Mill Air Fuel Ratio*

Dari gambar 4.8 dapat terlihat luas permukaan kontak menurun seiring besarnya pembukaan *vane classifier*. Dan luas kontak terbaik didapat pada MAFR (1,8:1) dengan pembukaan *vane classifier* sebesar 45%

4.2.4 Kadar Moisture di dalam *Pulverized Fineness*

Selain di uji lolos 200 mesh (%) *pulverizer fineness* juga dilakukan uji proximate untuk mengetahui besaran *moisture* dalam *fineness* tersebut.

1. Data kandungan moisture pada coal *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.7:1

Data Data kandungan moisture pada coal *fineness* eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier vane pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 MOISTURE (%wt) in *fineness* pada MAFR 1.7:1

Mill Air Fuel Ratio	1.7 :1				
Posisi Bukaan vane Classifier	40%	45%	50%	55%	60%

MOISTURE (%wt) in <i>fineness</i>	16.34	16.76	16.52	16.46	16.17
--------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

2. Data kandungan moisture pada *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.8:1
Data kandungan moisture pada *fineness* pada uji eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier* vane *pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

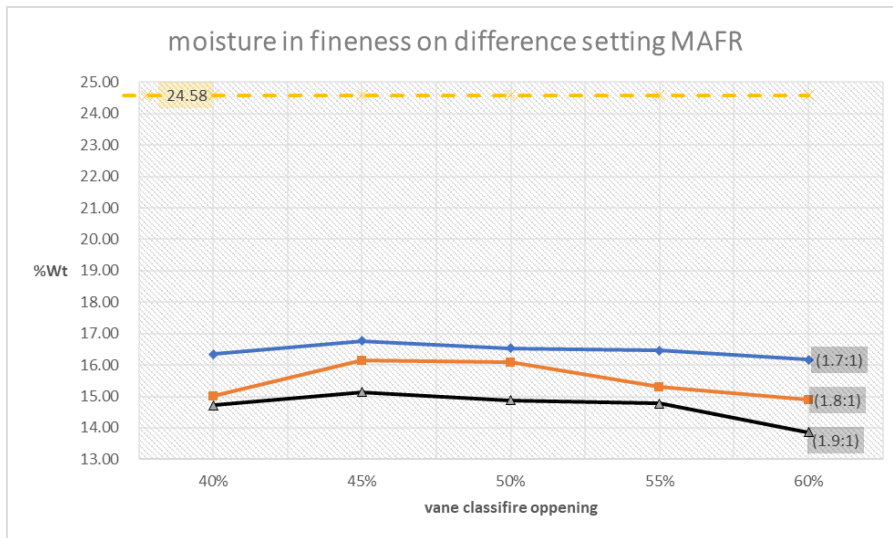
Tabel 4.12 MOISTURE (%wt) in *fineness* pada MAFR 1.8:1

Mill Air Fuel Ratio	1.8 :1				
Posisi Bukaan vane <i>Classifier</i>	40%	45%	50%	55%	60%
MOISTURE (%wt) in <i>fineness</i>	15.01	16.14	16.08	15.3	14.89

3. Data kandungan moisture pada *fineness* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.9:1
Data kandungan moisture pada *fineness* pada uji eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier* vane *pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13 MOISTURE (%wt) in *fineness* pada MAFR 1.9:1

Mill Air Fuel Ratio	1.9 :1				
Posisi Bukaan vane <i>Classifier</i>	40%	45%	50%	55%	60%
MOISTURE (%wt) in <i>fineness</i>	14.72	15.14	14.88	14.76	13.86



Gambar 4.9 moisture in fineness on difference setting MAFR

Terlihat pada gambar 4.8 *moisture* yang terkandung pada *fineness* akan semakin kering pada setiap bukaan *vane classifier*. Peningkatan MAFR juga memberikan dampak pengeringan pada *pulverized fineness* yang semakin baik.

4.2.5 Pengaruh pada *metal temperature secondary super heater*

1. Data *metal temperature secondary super heater* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.7:1
 Data *metal temperature secondary super heater* eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier vane pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14 Metal Temp Secondary Super Heater (°C) pada MAFR 1.7:1

Mill Air Fuel Ratio	1.7 :1				
Posisi Bukaan vane Classifier	40%	45%	50%	55%	60%

Metal Temp Secondary Super Heater (°C)	568.44	565.71	573.07	573.11	572.82
--	--------	--------	--------	--------	--------

2. Data *metal temperature secondary super heater* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.8:1

Data *metal temperature secondary super heater* eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier vane pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.15 Metal Temp Secondary Super Heater (°C) pada MAFR 1.8:1

Mill Air Fuel Ratio	1.8 :1				
Posisi Bukaan vane <i>Classifier</i>	40%	45%	50%	55%	60%
Metal Temp Secondary Super Heater (°C)	565.59	564.59	570.48	569.96	572.97

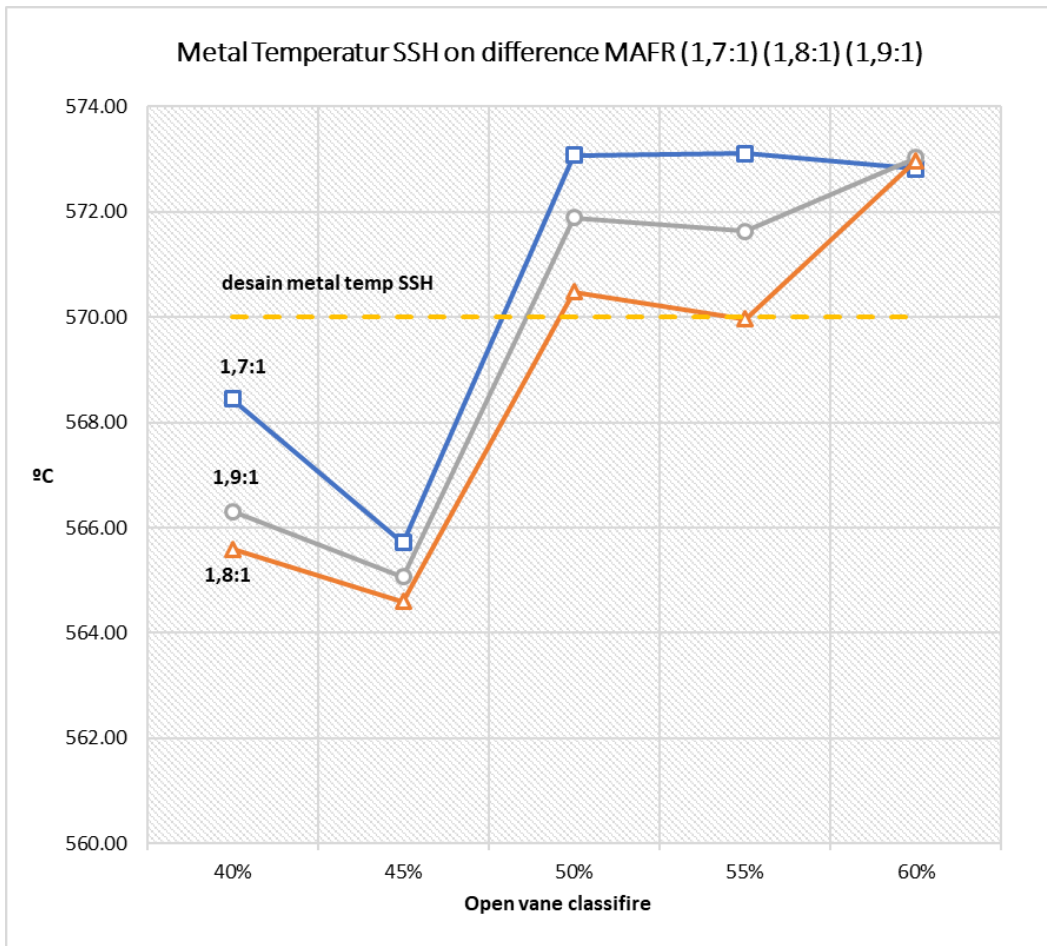
3. Data *metal temperature secondary super heater* untuk Mill Air Fuel Ratio 1.9:1

Data *metal temperature secondary super heater* eksperimental terhadap variasi pembukaan *Classifier vane pulverizer* 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 Metal Temp Secondary Super Heater (°C) pada MAFR 1.9:1

Mill Air Fuel Ratio	1.9 :1				
Posisi Bukaan vane <i>Classifier</i>	40%	45%	50%	55%	60%

Metal Temp Secondary Super Heater (°C)	566.31	565.07	571.89	571.63	573.03
---	--------	--------	--------	--------	--------



Gambar 4.10 Metal temperature SSH terhadap setting MAFR (1.7:1) (1.8:1) (1.9:1)

Dari Gambar 4.10 pada semua variasi MAFR pada bukaan vane classifier 45 % memberikan pengaruh tingkat temperature yang paling rendah dibawah dari Batasan desain yaitu 570 °C. Terlihat pula saat bukaan 50%-60% pada semua variasi MAFR menunjukan parameter *metal temperature* pada *Secondary Super Heater* mengalami peningkatan yang sangat tinggi hingga melebihi Batasan dari desain nya.

4.3 Analisa kualitatif dari studi experimental

Setelah dilakukan analisa secara kuantitatif maka dilakukan juga Analisa kualitatif yang akan mengerucutkan hasil sebagai penyelesaian permasalahan yang terjadi.

Analisa kuantitatif sebagai berikut:

Tabel 4.17 Tabel analisa Kualitatif studi experimental

Parameter Uji	1.7 :1				
	40%	45%	50%	55%	60%
pipe velocity (m/s)	sangat rendah	rendah	sedang	tinggi	tinggi
Fineness quality	sangat tinggi	sangat tinggi	sedang	rendah	sangat rendah
Luas permukaan kontak pembakaran	sangat tinggi	sangat tinggi	tinggi	sedang	rendah
MOISTURE (%wt) in fineness	sedang	sedang	sedang	sedang	sedang
Metal Temp Secondary Super Heater (°C)	sedang	sangat rendah	sangat tinggi	sangat tinggi	sangat tinggi
Parameter Uji	1.8 :1				
	40%	45%	50%	55%	60%
pipe velocity (m/s)	rendah	sedang	tinggi	tinggi	tinggi
Fineness quality	sangat tinggi	sangat tinggi	sangat tinggi	tinggi	rendah
Luas permukaan kontak pembakaran	sangat tinggi	sangat tinggi	sangat tinggi	sangat tinggi	rendah
MOISTURE (%wt) in fineness	rendah	sedang	sedang	rendah	rendah
Metal Temp Secondary Super Heater (°C)	sangat rendah	sangat rendah	tinggi	sedang	sangat tinggi
Parameter Uji	1.9 :1				
	40%	45%	50%	55%	60%
pipe velocity (m/s)	sedang	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi
Fineness quality	sangat tinggi	sangat tinggi	tinggi	sedang	sangat rendah
Luas permukaan kontak pembakaran	sangat tinggi	sangat tinggi	sangat tinggi	tinggi	rendah
MOISTURE (%wt) in fineness	rendah	rendah	rendah	rendah	sangat rendah
Metal Temp Secondary Super Heater (°C)	rendah	sangat rendah	tinggi	tinggi	sangat tinggi

Pada table 4.7 Analisa kualitatif didapatkan bahwa pada setting MAFR (1,8:1) dengan bukaan vane classifier sebesar 45% didapatkan hasil yang paling optimum terhadap kualitas fineness, dan luas permukaan kontak pembakaran.

Secara kualitatif dari penelitian ini didapat juga bahwa pada MAFR (1,7 :1) (1,8 :1) (1,9 :1) menghasilkan kualitas fineness yang berbeda, dimana pada bukaan vane classifier yang sama (50%) kualitas fineness pada MAFR (1,7:1) adalah paling rendah dibandingkan MAFR (1,9:1) dan terbaik didapat pada MAFR (1,8:1). Dari data dan parameter operasi dimungkinkan bahwa pada MAFR (1,7 :1) pergerakan partikel *fineness* tidak terjadi tumbukan di plate classifier sehingga partikel dengan size besar diatas 200 mesh dapat lolos kedalam boiler, pada MAFR (1,9 :1) pergerakan partikel *fineness* terjadi tumbukan di plate classifier akan tetapi gaya dorong partikel cukup besar sehingga partikel besar dengan size besar diatas 200 mesh tetap dapat lolos kedalam boiler. Sedangkan pada MAFR (1,8 :1) pergerakan partikel *fineness* terjadi tumbukan di plate classifier akan tetapi gaya dorong partikel tidak cukup besar sehingga partikel besar dengan size besar diatas 200 mesh jatuh kembali kedalam grinding zone sehingga didapatkan kualitas yang lebih baik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Studi experimental mengenai kinerja *pulverizer* dilakukan dengan memvariasikan MAFR dan membuka vane classivier batubara dengan karakteristik khusus. Selain Batasan pada kapasitas *pulverizer* itu sendiri sesuai dengan desain pabrikan, studi menemukan bahwa kualitas produk dari *pulverizer* berupa *pulverized fineness* ditentukan oleh rasio udara terhadap batubara yang memasuki *pulverizer* atau *mill air fuel ratio* (MAFR), serta kecepatan batubara pada coal pipe yang dipengaruhi juga oleh bukaan vane classifier.

MAFR yang lebih besar akan memberikan perubahan yang tinggi pada *coal velocity* dan pada tingkat pengeringan (*moisture in fineness*) Akan tetapi peningkatan MAFR juga menurunkan kualitas dari *pulverized fineness* yang juga berperan dalam penurunan luas kontak pembakaran nya. Pada variasi *vane Classifire* juga memberikan peranan yang sama terhadap perubahan parameter Analisa *fineness* seperti pada variasi MAFR. Akan tetapi terdapat titik optimum dari kedua variasi tersebut yang dapat menjadi acuan dalam pola operasi pada *pulverizer* ketika dilakukan *feeding* kedalam *boiler* menggunakan batubara berau lah tersebut terlihat dari efek perubahan yang terjadi pada metal temperature pada secondary super heater.

Dari Analisa secara kuantitaitf dan kualitatif dapat diketahui bahwa setting MAFR (1.8 : 1) dengan bukaan vane calssifire 45% menunjukkan *coal velocity* yang sedang (29.31 m/s) dengan kualitas fineness yang paling tinggi yaitu 78.25 % lolos 200 mesh (74 μ) maka pada parameter setting ini *fineness* yang dihasilkan yang memiliki luas kontak pembakaran tertinggi sebesar (64,844 cm²), yang mengalami tingkat pengeringan yang sedang (16.14% wt). Dengan parameter tersebut diketahui pula bahwa berdampak signifikan pada kondisi metal temperature superheater pada temperature 564,59 °C, atau 5,1 °C dibawah temperature desain.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian dan diharapkan berguna untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dapat menggunakan batubara jenis yang berbeda untuk dapat melengkapi acuan parameter operasi unit PLTU.
2. Diperlukan kalibrasi pada setiap alat ukur untuk mendapatkan data yang terbaik.
3. Perlu dilakukan Analisa partikel didalam *pulverizer* menggunakan sofeware Fluent sehingga dapat diketahui pergerakan dan jatuhan patikel pada classifier yang mempengaruhi kualitas lolos fineness 200 mesh.

DAFTAR PUSTAKA

- A, K. R. (2006). *Power Plant Engineering*. New Delhi: New Age International Publisher.
- Azahari, H. L. (1990). The effect of moisture on the grindability of Indonesian coals. *The effect of moisture on the grindability of Indonesian coals*.
- Babcock and Wilcox Company. (2006). *Steam*. Charlotte, North Carolina: 42 Edition.
- Ellmann, R. C., & Belter, J. W. (1955). Grindability Testing of Lignites. *U-S. Bur. Mines.. RI 5167, 38 p*.
- K.V. Shah, R. Vuthaluru, H.B. Vuthaluru. (2003). CFD based investigations into optimization of coal pulveriser performance: Effect of classifier vane settings. *Fuel Processing Technology*.
- Lu, H., Guo, X., & dkk. (2018). Effect of moisture on flowability of pulverized coal. *Effect of moisture on flowability of pulverized coal*.
- Riaz, A., & Türker, U. (2018). The drag coefficient and settling velocity of natural sediment particles. *Computational Particle Mechanics*.
- Richard F. (Dick) Storm, P. &. (2007). *To Optimize Performance, Begin at the Pulverizers*. Storm Technologies Inc.
- Singer, JG. (1993). *Combustion Fossil Power: A Reference Book on Fuel Burning and Steam Generation 4th Edition*. Connecticut: Combustion Engineering-Inc.
- Storm. (2015). *Diagnosing Pulverizer Performance*. STORM TECHNOLOGIES, INC.

BIOGRAFI PENULIS



BINTORO ADI NUGROHO, lahir di Jakarta pada hari Senin tanggal 22 Oktober 1984 merupakan putra bungsu dari pasangan Ibu Irmina Ramini dan Bapak Slamet Sukoco. Penulis sudah berkeluarga dengan 1 orang istri Peni Handayani dan 3 orang anak Abyaz Hisyam Albani, Hafsy Karamina Imtitan dan Muhammad Izzan Alfahim. Pendidikan formal dasar ditempuh di SD Bunda Hati Kudus Jakarta, dan lulus pada tahun 1996. Pendidikan selanjutnya ditempuh di SMP Bunda Hati Kudus Jakarta, lulus tahun 1999, dan di SMA Negeri 65 Jakarta, lulus tahun 2002. Dari jenjang SMA penulis melanjutkan ke jenjang Sarjana Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma yang dijalani sejak tahun 2002 hingga tahun 2006. Pada tahun 2018, penulis melanjutkan studi pascasarjana di Departemen Teknik Mesin, Program Studi S2 Manajemen Energi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Alamat e-mail:

bintoro.adi@indonesiapower.co.id atau bintoroadi1984@gmail.com.

<p>CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 50%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia</p> <p>DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 8 Maret 2019</p> <p>TGL. DITERIMA : 8 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 13 Maret 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik</p>							
NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	0.50	60.08	50	D197-87(2012)
02			C2	0.30	57.98	50	
03			C3	0.24	60.24		
04			C4	0.22	67.62	50	
05			C5	0.38	65.72		
06			C6	0.44	63.52		
RATA-RATA				0.35	62.53		

<p>CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 55%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia</p> <p>DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 8 Maret 2019</p> <p>TGL. DITERIMA : 8 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 13 Maret 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik</p>							
TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI	
			TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM	
			BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%			
14 Februari 2019	600	C1	0.78	58.84	55	D197-87(2012)	
		C2	0.58	54.50	55		
		C3	0.64	52.32			
		C4	0.66	58.00	55		
		C5	0.76	59.12			
		C6	0.76	54.30			
RATA-RATA			0.70	56.18			

<p>CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 60%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia</p> <p>DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 8 Maret 2019</p> <p>TGL. DITERIMA : 8 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 17 Maret 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik</p>							
NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	2.44	53.08	60	D197-87(2012)
02			C2	0.86	48.18	60	
03			C3	0.70	60.50		
04			C4	1.64	50.60	60	
05			C5	1.90	52.82	60	
06			C6	2.78	41.24		
RATA-RATA				1.72	51.07		

2. Lampiran pengujian Fineness dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier.

<p>CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 40%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia</p> <p>DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 11 Maret 2019</p> <p>TGL. DITERIMA : 11 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 24 Maret 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik</p>							
NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	0.34	74.72	40	D197-87(2012)
02			C2	0.24	74.90	40	
03			C3	0.26	74.18		
04			C4	0.34	78.14	40	
05			C5	0.20	82.22	40	
06			C6	0.26	78.20		
RATA-RATA				0.27	77.06		

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 45%)
 NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya
 ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439
 Cilegon Banten - Indonesia

 DITERIMA DARI : Preparasi
 TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 11 Maret 2019

 TGL. DITERIMA : 11 Maret 2019
 TGL. PENGUJIAN : 24 Maret 2019
 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik

NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	0.40	74.10	45	D197-87(2012)
02			C2	0.72	73.06		
03			C3	0.22	81.74	45	
04			C4	0.72	80.42		
05			C5	0.46	81.52	45	
06			C6	0.46	78.68		
RATA-RATA				0.50	78.25		

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 50%)
 NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya
 ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439
 Cilegon Banten - Indonesia

 DITERIMA DARI : Preparasi
 TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 11 Maret 2019

 TGL. DITERIMA : 11 Maret 2019
 TGL. PENGUJIAN : 30 Maret 2019
 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik

NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	0.30	69.30	50	D197-87(2012)
02			C2	0.44	65.26		
03			C3	0.38	67.70	50	
04			C4	0.42	74.66		
05			C5	0.52	72.28	50	
06			C6	0.36	75.12		
RATA-RATA				0.40	70.72		

<p>CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 55%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia</p> <p>DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 11 Maret 2019</p> <p>TGL. DITERIMA : 11 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 30 Maret 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik</p>							
NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	0.36	65.80	55	D197-87(2012)
02			C2	0.32	64.70	55	
03			C3	0.42	71.22		
04			C4	0.44	71.42	55	
05			C5	0.32	73.24	55	
06			C6	0.36	71.36		
RATA-RATA				0.37	69.62		

<p>CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 60%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia</p> <p>DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 11 Maret 2019</p> <p>TGL. DITERIMA : 11 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 30 Maret 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik</p>						
TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
			TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
			BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
14 Februari 2019	600	C1	2.28	50.56	60	D197-87(2012)
		C2	2.16	52.86	60	
		C3	2.14	54.76		
		C4	2.04	56.10	60	
		C5	2.24	59.84	60	
		C6	2.30	58.88		
RATA-RATA			2.19	55.50		

3. Lampiran pengujian Fineness dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier.

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 40%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 12 Maret 2019 TGL. DITERIMA : 12 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 5 April 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik						
TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
			TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
			BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
14 Februari 2019	600	C1	0.26	72.04	40	D197-87(2012)
		C2	0.30	72.78	40	
		C3	0.28	76.10		
		C4	0.28	80.54	40	
		C5	0.22	82.18		
		C6	0.30	80.48		
RATA-RATA			0.27	77.35		

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 45%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 12 Maret 2019 TGL. DITERIMA : 12 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 5 April 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik						
TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
			TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
			BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
14 Februari 2019	600	C1	0.24	69.86	45	D197-87(2012)
		C2	0.96	71.44	45	
		C3	0.30	78.10		
		C4	1.26	79.26	45	
		C5	0.86	86.82		
		C6	0.64	81.42		
RATA-RATA			0.71	77.82		

<p>CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 50%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia</p> <p>DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 12 Maret 2019</p> <p>TGL. DITERIMA : 12 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 5 April 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik</p>							
NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	0.38	63.42	50	D197-87(2012)
02			C2	0.34	62.92	50	
03			C3	0.32	65.66		
04			C4	0.26	73.30	50	
05			C5	0.28	68.92	50	
06			C6	0.30	70.66		
RATA-RATA				0.31	67.48		

<p>CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 55%) NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia</p> <p>DITERIMA DARI : Preparasi TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 12 Maret 2019</p> <p>TGL. DITERIMA : 12 Maret 2019 TGL. PENGUJIAN : 5 April 2019 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik</p>							
NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	0.70	53.80	55	D197-87(2012)
02			C2	0.54	57.26	55	
03			C3	0.72	60.08		
04			C4	0.76	62.86	55	
05			C5	0.70	64.54	55	
06			C6	0.58	63.94		
RATA-RATA				0.67	60.41		

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 60%)
 NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya
 ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439
 Cilegon Banten - Indonesia

 DITERIMA DARI : Preparasi
 TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 12 Maret 2019

 TGL. DITERIMA : 12 Maret 2019
 TGL. PENGUJIAN : 8 April 2019
 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik

NO.	TANGGAL SAMPLING	BEBAN (MW)	MILL / No. Coal Pipe	FINENESS (%)		BUKAAN CLASSIFIER (%)	METODE UJI
				TERTAHAN 50 MESH	LOLOS 200 MESH		ASTM
				BATASAN < 0,5%	BATASAN ≥ 70%		
01	14 Februari 2019	600	C1	3.02	45.48	60	D197-87(2012)
02			C2	2.68	47.12		
03			C3	2.28	50.52	60	
04			C4	2.82	53.00		
05			C5	2.70	57.09	60	
06			C6	3.30	56.50		
RATA-RATA				2.80	51.62		

LAMPIRAN KEGIATAN COAL VELOCITY

1. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 40%.

Coal Pipe :			C1		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.31		1	0.31	
2	0.24		2	0.31	
3	0.2		3	0.22	
4	0.12		4	0.15	
5	0.12		5	0.12	
6	0.11		6	0.11	
7	0.12		7	0.12	
8	0.14		8	0.14	
9	0.18		9	0.25	
10	0.21		10	0.27	
11	0.31		11	0.32	
12	0.33		12	0.33	
average	0.799580276	#DIV/0!	average	0.886563904	#DIV/0!
Average Total	0.799580276		Average Total	0.886563904	

Coal Pipe :			C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.31		1	0.31	
2	0.24		2	0.31	
3	0.2		3	0.22	
4	0.12		4	0.15	
5	0.12		5	0.12	
6	0.11		6	0.11	
7	0.12		7	0.12	
8	0.14		8	0.14	
9	0.18		9	0.25	
10	0.21		10	0.27	
11	0.31		11	0.32	
12	0.33		12	0.33	
average	0.799580276	#DIV/0!	average	0.886563904	#DIV/0!
Average Total	0.799580276		Average Total	0.886563904	

Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	Barometric Pressure :	29.9213	Hg
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Pulverizer :	C	
			Date :	8-Mar-19	

Static Pressure :	0.520000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	147.2	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06555	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	3827.83	Ft/min	Air Velocity :	4030.45	Ft/min
Air Flow :	8346.73	Ft3/min	Air Flow :	8788.58	Ft3/min
Air Flow :	14.6554	T/h	Air Flow :	15.4328	T/h

Coal Pipe :			C3		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.28		1	0	
2	0.28		2	0	
3	0.19		3	0	
4	0.12		4	0	
5	0.11		5	0	
6	0.11		6	0	
7	0.13		7	0	
8	0.12		8	0	
9	0.13		9	0	
10	0.16		10	0	
11	0.22		11	0	
12	0.22		12	0	
average	0.692523503	#DIV/0!	average	0	#DIV/0!
Average Total	0.692523503		Average Total	0	

Coal Pipe :			C4		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0		1	0	
2	0		2	0	
3	0		3	0	
4	0		4	0	
5	0		5	0	
6	0		6	0	
7	0		7	0	
8	0		8	0	
9	0		9	0	
10	0		10	0	
11	0		11	0	
12	0		12	0	
average	0	#DIV/0!	average	0	#DIV/0!
Average Total	0		Average Total	0	

Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity :	3566.40	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	7776.69	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	13.6236	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.29		1	0.31	
2	0.28		2	0.21	
3	0.24		3	0.19	
4	0.13		4	0.16	
5	0.15		5	0.15	
6	0.14		6	0.12	
7	0.13		7	0.12	
8	0.12		8	0.12	
9	0.16		9	0.18	
10	0.13		10	0.19	
11	0.28		11	0.28	
12	0.28		12	0.28	
average	0.779507131	#DIV/0!	average	0.771812425	#DIV/0!
Average Total	0.779507131		Average Total	0.771812425	

Static Pressure	-1.124	W.C.	Static Pressure :	0.64	W.C.
Temperature :	145.9	"F	Temperature :	145.5	"F
Air Density :	0.06543	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06575	Lbs/Ft3
Air Velocity :	3783.06	Ft/min	Air Velocity :	3754.95	Ft/min
Air Flow :	8249.13	Ft3/min	Air Flow :	8187.83	Ft3/min
Air Flow :	14.4566	T/h	Air Flow :	14.4210	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
19.39431731	20.421	18.0698	0	19.16752	19.0250844
Air Balance (%Velocity Deviation)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
21.11648861	27.5279	12.8448	-100	19.70018	18.8106486

Coal Flow :	56.945	T/H
PA Flow :	96.876	T/H

2. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 45%

Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.51		1	0.55	
2	0.42		2	0.38	
3	0.41		3	0.22	
4	0.18		4	0.18	
5	0.18		5	0.16	
6	0.16		6	0.15	
7	0.21		7	0.12	
8	0.27		8	0.14	
9	0.33		9	0.21	
10	0.55		10	0.27	
11	0.51		11	0.33	
12	0.54		12	0.48	
average	1.428538819	#DIV/0!	average	1.009392434	#DIV/0!
Average Total	1.428538819		Average Total	1.009392434	

Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	Barometric Pressure :	29.9213	Hg
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Pulverizer :	C	
			Date :	8-Mar-19	

Static Pressure :	1.080000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	143.7	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06602	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	5098.16	Ft/min	Air Velocity :	4300.60	Ft/min
Air Flow :	11116.76	Ft3/min	Air Flow :	9377.64	Ft3/min
Air Flow :	19.6593	T/h	Air Flow :	16.4672	T/h

Coal Pipe : C3			Coal Pipe : C4		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.44		1	0	0
2	0.42		2	0	0
3	0.39		3	0	0
4	0.38		4	0	0
5	0.28		5	0	0
6	0.13		6	0	0
7	0.12		7	0	0
8	0.12		8	0	
9	0.36		9	0	
10	0.39		10	0	
11	0.4		11	0	
12	0.45		12	0	
average	1.238799806	#DIV/0!	average	0	0
Average Total	1.238799806		Average Total	0	

Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity :	4769.95	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	10401.07	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	18.2212	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.31		1	0.31	
2	0.31		2	0.31	
3	0.22		3	0.15	
4	0.15		4	0.15	
5	0.12		5	0.12	
6	0.11		6	0.12	
7	0.12		7	0.11	
8	0.14		8	0.11	
9	0.25		9	0.25	
10	0.25		10	0.27	
11	0.32		11	0.32	
12	0.32		12	0.33	
average	0.876527332	#DIV/0!	average	0.852105005	#DIV/0!
Average Total	0.876527332		Average Total	0.852105005	

Static Pressure :	0.44	W.C.	Static Pressure :	0.84	W.C.
Temperature :	142.7	"F	Temperature :	142.7	"F
Air Density :	0.06603	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06609	Lbs/Ft3
Air Velocity :	3993.29	Ft/min	Air Velocity :	3935.34	Ft/min
Air Flow :	8707.54	Ft3/min	Air Flow :	8581.17	Ft3/min
Air Flow :	15.4001	T/h	Air Flow :	15.1915	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
25.83068643	21.7897	24.1677	0	20.23269	19.9390406
Air Balance (%Velocity Deviation)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
38.42828722	16.7724	29.5165	-100	8.42825	6.85458363

Coal Flow :	56.945	T/H
PA Flow :	96.876	T/H

3. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 50%

Coal Pipe :			C1			Coal Pipe :			C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.62		1	0.66		1	0	0	1	0	0
2	0.55		2	0.52		2	0	0	2	0	0
3	0.54		3	0.32		3	0	0	3	0	0
4	0.45		4	0.24		4	0	0	4	0	0
5	0.32		5	0.22		5	0	0	5	0	0
6	0.21		6	0.26		6	0	0	6	0	0
7	0.22		7	0.32		7	0	0	7	0	0
8	0.48		8	0.42							
9	0.55		9	0.46							
10	0.59		10	0.55							
11	0.59		11	0.61							
12	0.62		12	0.69							
average	1.920665424	#DIV/0!	average	1.763091236	#DIV/0!	average	0	0	average	0	0
Average Total	1.920665424		Average Total	1.763091236		Average Total	0		Average Total	0	

Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	Barometric Pressure :	29.9213	Hg
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Pulverizer :	C	
			Date :	8-Mar-19	

Static Pressure :	1.004000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	146	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06576	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	5923.24	Ft/min	Air Velocity :	5683.77	Ft/min
Air Flow :	12915.88	Ft3/min	Air Flow :	12393.70	Ft3/min
Air Flow :	22.7500	T/h	Air Flow :	21.7634	T/h

Coal Pipe :			C3			Coal Pipe :			C4		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.72		1	0.72		1	0	0	1	0	0
2	0.69		2	0.69		2	0	0	2	0	0
3	0.68		3	0.68		3	0	0	3	0	0
4	0.58		4	0.58		4	0	0	4	0	0
5	0.34		5	0.34		5	0	0	5	0	0
6	0.33		6	0.33		6	0	0	6	0	0
7	0.36		7	0.36		7	0	0	7	0	0
8	0.45		8	0.45							
9	0.56		9	0.56							
10	0.66		10	0.66							
11	0.78		11	0.78							
12	0.85		12	0.85							
average	2.341866917	#DIV/0!	average	2.341866917	#DIV/0!	average	0	0	average	0	0
Average Total	2.341866917		Average Total	2.341866917		Average Total	0		Average Total	0	

Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity : Air	6558.35	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	14300.75	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	25.0528	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.72		1	0.82	
2	0.64		2	0.75	
3	0.52		3	0.68	
4	0.48		4	0.54	
5	0.32		5	0.32	
6	0.23		6	0.21	
7	0.32		7	0.36	
8	0.45		8	0.48	
9	0.56		9	0.56	
10	0.67		10	0.57	
11	0.75		11	0.68	
12	0.852		12	0.79	
average	2.178605337	#DIV/0!	average	2.261574337	#DIV/0!
Average Total	2.178605337		Average Total	2.261574337	

Static Pressure	0.48	W.C.	Static Pressure :	0.76	W.C.
: Temperature :	145.5	"F	Temperature :	145.7	"F
Air Density :	0.06573	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06575	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6309.91	Ft/min	Air Velocity :	6427.79	Ft/min
Air Flow :	13759.02	Ft3/min	Air Flow :	14016.06	Ft3/min
Air Flow :	24.2239	T/h	Air Flow :	24.6853	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
30.01110313	28.7978	33.2289	0	31.97019	32.5674632
Air Balance (%Velocity Deviation)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
15.0030827	10.3535	27.3339	-100	22.51035	24.7991001

Coal Flow :	56.945	T/H
PA Flow :	96.876	T/H

4. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 55%

Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.51		1	0.56	
2	0.42		2	0.42	
3	0.42		3	0.39	
4	0.38		4	0.38	
5	0.18		5	0.28	
6	0.16		6	0.13	
7	0.21		7	0.12	
8	0.27		8	0.12	
9	0.33		9	0.36	
10	0.43		10	0.39	
11	0.51		11	0.46	
12	0.54		12	0.55	
average	1.458648537	#DIV/0!	average	1.391738053	#DIV/0!
Average Total	1.458648537		Average Total	1.391738053	

Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	Barometric Pressure :	29.9213	Hg
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Pulverizer :	C	
			Date :	8-Mar-19	

Static Pressure :	0.680000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	141.3	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06622	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	5143.88	Ft/min	Air Velocity :	5049.84	Ft/min
Air Flow :	11216.45	Ft3/min	Air Flow :	11011.39	Ft3/min
Air Flow :	19.8952	T/h	Air Flow :	19.3361	T/h

Coal Pipe : C3			Coal Pipe : C4		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.44		1	0	0
2	0.42		2	0	0
3	0.39		3	0	0
4	0.38		4	0	0
5	0.28		5	0	0
6	0.13		6	0	0
7	0.12		7	0	0
8	0.12		8	0	
9	0.36		9	0	
10	0.39		10	0	
11	0.4		11	0	
12	0.452		12	0	
average	1.298732482	#DIV/0!	average	0	0
Average Total	1.298732482		Average Total	0	

Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity :	4883.97	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	10649.70	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	18.6567	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.56		1	0.55	
2	0.43		2	0.5	
3	0.32		3	0.42	
4	0.24		4	0.34	
5	0.22		5	0.21	
6	0.22		6	0.18	
7	0.26		7	0.18	
8	0.32		8	0.23	
9	0.46		9	0.33	
10	0.55		10	0.61	
11	0.61		11	0.63	
12	0.66		12	0.66	
average	1.622579221	#DIV/0!	average	1.619902802	#DIV/0!
Average Total	1.622579221		Average Total	1.619902802	

Static Pressure :	1.004	W.C.	Static Pressure :	1.16	W.C.
Temperature :	139.3	"F	Temperature :	138.1	"F
Air Density :	0.06649	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06665	Lbs/Ft3
Air Velocity :	5414.05	Ft/min	Air Velocity :	5403.13	Ft/min
Air Flow :	11805.57	Ft3/min	Air Flow :	11781.76	Ft3/min
Air Flow :	21.0267	T/h	Air Flow :	21.0345	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
26.06233107	25.5859	24.7454	0	27.43120	27.3758834
Air Balance (%Velocity Deviation)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
19.18682219	17.0079	13.1645	-100	25.44688	25.1938878

Coal Flow :	56.945	T/H
PA Flow :	96.876	T/H

5. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier
60%

Coal Pipe :			C1		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.71		1	0.77	
2	0.63		2	0.66	
3	0.58		3	0.44	
4	0.51		4	0.37	
5	0.39		5	0.29	
6	0.25		6	0.33	
7	0.27		7	0.38	
8	0.38		8	0.42	
9	0.48		9	0.46	
10	0.59		10	0.55	
11	0.66		11	0.61	
12	0.77		12	0.67	
average	2.080916032	#DIV/0!	average	1.990586879	#DIV/0!
Average Total	2.080916032		Average Total	1.990586879	

Coal Pipe (I.D) :			Coal Pipe Area :		
1.666662	Ft		2.180542	Ft2	

Barometric Pressure :		29.9213 Hg	
Pulverizer :	C	Date :	8-Mar-19

Static Pressure :		0.76278 W.C.	
Temperature :	144.5 "F	Temperature :	147.5 "F
Air Density :	0.06595 Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558 Lbs/Ft3
Air Velocity :	6156.58 Ft/min	Air Velocity :	6039.34 Ft/min
Air Flow :	13424.69 Ft3/min	Air Flow :	13169.04 Ft3/min
Air Flow :	23.7139 T/h	Air Flow :	23.1249 T/h

Coal Pipe :			C3		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.74		1	0	0
2	0.68		2	0	0
3	0.63		3	0	0
4	0.61		4	0	0
5	0.48		5	0	0
6	0.32		6	0	0
7	0.32		7	0	0
8	0.49				
9	0.72				
10	0.72				
11	0.76				
12	0.79				
average	2.16789966	#DIV/0!	average	0	0
Average Total	2.16789966		Average Total	0	

Coal Pipe (I.D) :			Coal Pipe Area :		
1.666662	Ft		2.180542	Ft2	

Static Pressure :		0 W.C.	
Temperature :	149 "F	Temperature :	0 "F
Air Density :	0.06540 Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642 Lbs/Ft3
Air Velocity :	6310.05 Ft/min	Air Velocity :	0.00 Ft/min
Air Flow :	13759.33 Ft3/min	Air Flow :	0.00 Ft3/min
Air Flow :	24.1043 T/h	Air Flow :	0.0000 T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.69		1	0.67	
2	0.64		2	0.6	
3	0.57		3	0.55	
4	0.51		4	0.44	
5	0.43		5	0.33	
6	0.35		6	0.31	
7	0.57		7	0.38	
8	0.66		8	0.65	
9	0.68		9	0.68	
10	0.73		10	0.71	
11	0.76		11	0.74	
12	0.78		12	0.76	
average	2.465651311	#DIV/0!	average	2.281647482	#DIV/0!
Average Total	2.465651311		Average Total	2.281647482	

Static Pressure : 0.44	W.C.	Static Pressure : 0.96	W.C.
Temperature : 144.3	"F	Temperature : 143.1	"F
Air Density : 0.06585	Lbs/Ft3	Air Density : 0.06607	Lbs/Ft3
Air Velocity : 6706.41	Ft/min	Air Velocity : 6440.80	Ft/min
Air Flow : 14623.61	Ft3/min	Air Flow : 14044.43	Ft3/min
Air Flow : 25.7947	T/h	Air Flow : 24.8541	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
31.19336264	30.5993	31.9709	0	33.97914	32.6333868
Air Balance (%Velocity Deviation)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
16.70076513	14.4784	19.6098	-100	27.12292	22.0881906

Coal Flow : 56.945	T/H
PA Flow : 96.876	T/H

6. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier 40%

Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.48		1	0.55	
2	0.41		2	0.38	
3	0.34		3	0.32	
4	0.32		4	0.28	
5	0.28		5	0.21	
6	0.22		6	0.15	
7	0.22		7	0.12	
8	0.25		8	0.14	
9	0.37		9	0.21	
10	0.35		10	0.27	
11	0.41		11	0.33	
12	0.44		12	0.48	
average	1.368319384	#DIV/0!	average	1.150860313	#DIV/0!
Average Total	1.368319384		Average Total	1.150860313	

Coal Pipe (I.D) : 1.666662	Ft	Barometric Pressure : 29.9213	Hg
Coal Pipe Area : 2.180542	Ft2	Pulverizer : C	
		Date : 11-Mar-19	

Static Pressure : 0.722000	W.C.	Static Pressure : 0.76278	W.C.
Temperature : 143	"F	Temperature : 147.5	"F
Air Density : 0.06604	Lbs/Ft3	Air Density : 0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity : 4988.85	Ft/min	Air Velocity : 4592.09	Ft/min
Air Flow : 10878.39	Ft3/min	Air Flow : 10013.24	Ft3/min
Air Flow : 19.2431	T/h	Air Flow : 17.5833	T/h

Coal Pipe :		C3	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.41		
2	0.32		
3	0.31		
4	0.18		
5	0.18		
6	0.16		
7	0.21		
8	0.27		
9	0.33		
10	0.35		
11	0.41		
12	0.48		
average	1.015127619	#DIV/0!	
Average Total	1.015127619		

Static Pressure :	0.802926	W.C.
Temperature :	149	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3
Air Velocity : Air	4317.91	Ft/min
Flow :	9415.38	Ft3/min
Air Flow :	16.4944	T/h

Coal Pipe :		C4	
Point	Port 1	Port 2	
1	0	0	
2	0	0	
3	0	0	
4	0	0	
5	0	0	
6	0	0	
7	0	0	
8	0	0	
9	0	0	
10	0	0	
11	0	0	
12	0	0	
average	0	0	
Average Total	0		

Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	0	"F
Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity :	0.00	Ft/min
Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe :		C5	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.55		
2	0.38		
3	0.32		
4	0.22		
5	0.16		
6	0.15		
7	0.12		
8	0.14		
9	0.21		
10	0.27		
11	0.33		
12	0.48		
average	1.114059548	#DIV/0!	
Average Total	1.114059548		

Static Pressure :	0.44	W.C.
Temperature :	142.9	"F
Air Density :	0.06601	Lbs/Ft3
Air Velocity :	4502.72	Ft/min
Air Flow :	9818.37	Ft3/min
Air Flow :	17.3589	T/h

Coal Pipe :		C6	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.45		
2	0.36		
3	0.28		
4	0.22		
5	0.12		
6	0.11		
7	0.12		
8	0.14		
9	0.19		
10	0.22		
11	0.24		
12	0.31		
average	0.921691908	#DIV/0!	
Average Total	0.921691908		

Static Pressure :	0.56	W.C.
Temperature :	145.5	"F
Air Density :	0.06574	Lbs/Ft3
Air Velocity :	4103.78	Ft/min
Air Flow :	8948.46	Ft3/min
Air Flow :	15.7576	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
25.27681484	23.26659	21.87741	0	22.81377	20.7924767

Air Balance (%Velocity Deviation)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
33.00430346	22.42667	15.11692	-100	20.04399	9.408123521

Coal Flow :	48.65780724	T/H
PA Flow :	87.58405304	T/H

7. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier
45%

Coal Balance Mill C			Barometric Pressure : 29.9213 Hg		
Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	Pulverizer :	C	
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Date :	11-Mar-19	
Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.45		1	0.66	
2	0.55		2	0.52	
3	0.58		3	0.32	
4	0.52		4	0.24	
5	0.57		5	0.22	
6	0.52		6	0.26	
7	0.55		7	0.32	
8	0.47		8	0.42	
9	0.57		9	0.46	
10	0.55		10	0.55	
11	0.42		11	0.61	
12	0.34		12	0.69	
average	2.037424218	#DIV/0!	average	1.763091236	#DIV/0!
Average Total	2.037424218		Average Total	1.763091236	
Static Pressure :	1.084000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	143.3	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06607	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6086.42	Ft/min	Air Velocity :	5683.77	Ft/min
Air Flow :	13271.71	Ft3/min	Air Flow :	12393.70	Ft3/min
Air Flow :	23.4859	T/h	Air Flow :	21.7634	T/h

Coal Pipe : C3			Coal Pipe : C4		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.48		1	0	0
2	0.41		2	0	0
3	0.34		3	0	0
4	0.32		4	0	0
5	0.28		5	0	0
6	0.22		6	0	0
7	0.22		7	0	0
8	0.25				
9	0.37				
10	0.35				
11	0.41				
12	0.44				
average	1.368319384	#DIV/0!	average	0	0
Average Total	1.368319384		Average Total	0	
Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity : Air	5013.11	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	10931.29	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	19.1500	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.41		1	0.62	
2	0.42		2	0.55	
3	0.55		3	0.54	
4	0.59		4	0.45	
5	0.52		5	0.32	
6	0.55		6	0.22	
7	0.64		7	0.22	
8	0.55		8	0.48	
9	0.51		9	0.54	
10	0.54		10	0.53	
11	0.61		11	0.59	
12	0.64		12	0.62	
average	2.184627281	#DIV/0!	average	1.900257727	#DIV/0!
Average Total	2.184627281		Average Total	1.900257727	

Static Pressure :	1.284	W.C.	1.96	W.C.
Temperature :	140.1	"F	141.3	"F
Air Density :	0.06645	Lbs/Ft3	0.06643	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6284.18	Ft/min	5861.94	Ft/min
Air Flow :	13702.93	Ft3/min	12782.20	Ft3/min
Air Flow :	24.3903	T/h	22.7436	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)						
	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
Coal Flow :	48.65780724	T/H				
PA Flow :	87.58405304	T/H	30.83788625	28.79776	25.39974	0
					31.83987	29.70047195

8. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier 50%

Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.37		1	0.41	
2	0.53		2	0.42	
3	0.47		3	0.55	
4	0.57		4	0.59	
5	0.59		5	0.42	
6	0.62		6	0.58	
7	0.65		7	0.64	
8	0.63		8	0.55	
9	0.55		9	0.52	
10	0.56		10	0.54	
11	0.46		11	0.61	
12	0.26		12	0.72	
average	2.094298128	#DIV/0!	average	2.191318329	#DIV/0!
Average Total	2.094298128		Average Total	2.191318329	

Static Pressure :	1.040000	W.C.	0.76278	W.C.
Temperature :	142.6	"F	147.5	"F
Air Density :	0.06614	Lbs/Ft3	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6167.54	Ft/min	6336.53	Ft/min
Air Flow :	13448.58	Ft3/min	13817.08	Ft3/min
Air Flow :	23.8240	T/h	24.2629	T/h

Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	Barometric Pressure :	29.9213	Hg
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Pulverizer :	C	
			Date :	11-Mar-19	

Coal Pipe :		C3	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.67		
2	0.52		
3	0.32		
4	0.44		
5	0.32		
6	0.46		
7	0.32		
8	0.45		
9	0.46		
10	0.55		
11	0.61		
11	0.69		
average	1.943749541		#DIV/0!
Average Total	1.943749541		

Coal Pipe :		C4	
Point	Port 1	Port 2	
1	0		0
2	0		0
3	0		0
4	0		0
5	0		0
6	0		0
7	0		0
average	0		0
Average Total	0		

Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity : Air	5974.94	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	13028.60	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	22.8242	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe :		C5	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.37		
2	0.51		
3	0.57		
4	0.65		
5	0.59		
6	0.62		
7	0.67		
8	0.69		
9	0.66		
10	0.69		
11	0.72		
12	0.57		
average	2.445578166		#DIV/0!
Average Total	2.445578166		

Coal Pipe :		C6	
Point	Port 1	Port 2	
1	0		
2	0.19		
3	0.44		
4	0.55		
5	0.51		
6	0.62		
7	0.47		
8	0.62		
9	0.65		
10	0.45		
11	0.35		
12	0.35		
average	1.739672567		#DIV/0!
Average Total	1.739672567		

Static Pressure :	0.682	W.C.	Static Pressure :	0.84	W.C.
Temperature :	141	"F	Temperature :	142.6	"F
Air Density :	0.06625	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06610	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6658.81	Ft/min	Air Velocity :	5622.55	Ft/min
Air Flow :	14519.83	Ft3/min	Air Flow :	12260.20	Ft3/min
Air Flow :	25.7676	T/h	Air Flow :	21.7082	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)						
Coal Flow :	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
Coal Flow :	48.65780724	T/H				
PA Flow :	87.58405304	T/H	31.24887895	32.105111	30.27301	0
					33.73800	28.48757133

9. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier
55%

Coal Balance Mill C			Barometric Pressure : 29.9213 Hg		
Coal Pipe (I.D) :	1.66662	Ft	Pulverizer :	C	
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Date :	11-Mar-19	
Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.36		1	0.62	
2	0.43		2	0.55	
3	0.57		3	0.54	
4	0.53		4	0.55	
5	0.59		5	0.33	
6	0.54		6	0.32	
7	0.6		7	0.38	
8	0.56		8	0.48	
9	0.57		9	0.551	
10	0.54		10	0.59	
11	0.55		11	0.59	
12	0.62		12	0.62	
average	2.161208612	#DIV/0!	average	1.88687563	#DIV/0!
Average Total	2.161208612		Average Total	1.88687563	
Static Pressure :	0.481000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	142	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06611	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6266.47	Ft/min	Air Velocity :	5879.91	Ft/min
Air Flow :	13664.29	Ft3/min	Air Flow :	12821.39	Ft3/min
Air Flow :	24.1971	T/h	Air Flow :	22.5144	T/h

Coal Pipe : C3			Coal Pipe : C4		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.32		1	0	0
2	0.38		2	0	0
3	0.69		3	0	0
4	0.68		4	0	0
5	0.63		5	0	0
6	0.72		6	0	0
7	0.72		7	0	0
8	0.62				
9	0.55				
10	0.54				
11	0.45				
12	0.32				
average	2.161208612	#DIV/0!	average	0	0
Average Total	2.161208612		Average Total	0	
Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity : Air	6300.30	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	13738.08	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	24.0671	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.32		1	0.32	
2	0.52		2	0.36	
3	0.55		3	0.42	
4	0.33		4	0.39	
5	0.55		5	0.56	
6	0.72		6	0.62	
7	0.44		7	0.67	
8	0.48		8	0.63	
9	0.73		9	0.67	
10	0.72		10	0.65	
11	0.52		11	0.69	
12	0.57		12	0.66	
average	2.157863088	#DIV/0!	average	2.222431704	#DIV/0!
Average Total	2.157863088		Average Total	2.222431704	

Static Pressure :	1.525	W.C.	Static Pressure :	1.244	W.C.
Temperature :	141.2	"F	Temperature :	141.2	"F
Air Density :	0.06637	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06632	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6249.45	Ft/min	Air Velocity :	6344.44	Ft/min
Air Flow :	13627.19	Ft3/min	Air Flow :	13834.32	Ft3/min
Air Flow :	24.2254	T/h	Air Flow :	24.5767	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)						
	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
Coal Flow :	48.65780724	T/H				
PA Flow :	87.58405304	T/H				
	31.7500896	29.79154	31.92154	0	31.66387	32.14517312

10. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier
60%

Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.52		1	0.52	
2	0.35		2	0.37	
3	0.47		3	0.55	
4	0.52		4	0.52	
5	0.57		5	0.6	
6	0.57		6	0.61	
7	0.6		7	0.58	
8	0.61		8	0.35	
9	0.67		9	0.41	
10	0.58		10	0.58	
11	0.62		11	0.34	
12	0.67		12	0.51	
average	2.258228813	#DIV/0!	average	1.987241355	#DIV/0!
Average Total	2.258228813		Average Total	1.987241355	

Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	Barometric Pressure :	29.9213	Hg
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Pulverizer :	C	
			Date :	11-Mar-19	

Static Pressure :	0.720000	W.C.	Static Pressure :	0.48	W.C.
Temperature :	143.7	"F	Temperature :	140.2	"F
Air Density :	0.06596	Lbs/Ft3	Air Density :	0.066309	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6412.73	Ft/min	Air Velocity :	5999.98	Ft/min
Air Flow :	13983.24	Ft3/min	Air Flow :	13083.21	Ft3/min
Air Flow :	24.7066	T/h	Air Flow :	23.2375	T/h

Coal Pipe :		C3	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.58		
2	0.45		
3	0.38		
4	0.42		
5	0.54		
6	0.55		
7	0.63		
8	0.65		
9	0.7		
10	0.7		
11	0.73		
12	0.77		
average	2.375322158	#DIV/0!	
Average Total	2.375322158		

Coal Pipe :		C4	
Point	Port 1	Port 2	
1	0		
2	0		
3	0		
4	0		
5	0		
6	0		
7	0		
average	0	0	
Average Total	0		

Static Pressure :	0.48	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	142.6	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06604	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6572.83	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	14332.33	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	25.3547	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe :		C5	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.47		
2	0.51		
3	0.58		
4	0.61		
5	0.61		
6	0.6		
7	0.65		
8	0.67		
9	0.72		
10	0.7		
11	0.74		
12	0.77		
average	2.552634939	#DIV/0!	
Average Total	2.552634939		

Coal Pipe :		C6	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.55		
2	0.443		
3	0.76		
4	0.49		
5	0.42		
6	0.48		
7	0.57		
8	0.55		
9	0.51		
10	0.48		
11	0.65		
12	0.61		
average	2.17893989	#DIV/0!	
Average Total	2.17893989		

Static Pressure :	1.36	W.C.	Static Pressure :	0.96	W.C.
Temperature :	142.1	"F	Temperature :	141.2	"F
Air Density :	0.06624	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06628	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6803.57	Ft/min	Air Velocity :	6284.24	Ft/min
Air Flow :	14835.46	Ft3/min	Air Flow :	13703.06	Ft3/min
Air Flow :	26.3233	T/h	Air Flow :	24.3266	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)						
	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
Coal Flow :	48.65780724	T/H				
PA Flow :	87.58405304	T/H	32.49118693	30.3999	33.30234	0
					34.47141	31.84016588

11. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 40%

Coal Balance Mill C			
Coal Pipe (I.D) :		1.666662	Ft
Coal Pipe Area :		2.180542	Ft2
Barometric Pressure :		29.9213 Hg	
Pulverizer :		C	
Date :		12-Mar-19	

Coal Pipe : C1		
Point	Port 1	Port 2
1	0.34	
2	0.45	
3	0.49	
4	0.42	
5	0.46	
6	0.49	
7	0.52	
8	0.49	
9	0.51	
10	0.45	
11	0.55	
12	0.52	
average	1.903603251	#DIV/0!
Average Total	1.903603251	

Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2
1	0.55	
2	0.5	
3	0.42	
4	0.34	
5	0.21	
6	0.18	
7	0.18	
8	0.23	
9	0.33	
10	0.51	
11	0.55	
12	0.56	
average	1.52555902	#DIV/0!
Average Total	1.52555902	

Static Pressure :	0.920000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	143.4	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06603	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	5884.82	Ft/min	Air Velocity :	5287.05	Ft/min
Air Flow :	12832.09	Ft3/min	Air Flow :	11528.64	Ft3/min
Air Flow :	22.6951	T/h	Air Flow :	20.2444	T/h

Coal Pipe : C3		
Point	Port 1	Port 2
1	0.52	
2	0.37	
3	0.55	
4	0.52	
5	0.44	
6	0.61	
7	0.58	
8	0.35	
9	0.41	
10	0.43	
11	0.34	
12	0.51	
average	1.883530106	#DIV/0!
Average Total	1.883530106	

Coal Pipe : C4		
Point	Port 1	Port 2
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
average	0	0
Average Total	0	

Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity : Air	5881.65	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	12825.19	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	22.4679	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.23		1	0	
2	0.2		2	0.31	
3	0.22		3	0.29	
4	0.38		4	0.24	
5	0.44		5	0.32	
6	0.47		6	0.37	
7	0.51		7	0.41	
8	0.55		8	0.42	
9	0.44		9	0.47	
10	0.51		10	0.52	
11	0.43		11	0.44	
12	0.54		12	0.53	
average	1.64599789	#DIV/0!	average	1.444128962	#DIV/0!
Average Total	1.64599789		Average Total	1.444128962	
Static Pressure :	0.96	W.C.	Static Pressure :	1.084	W.C.
Temperature :	143.1	"F	Temperature :	142.5	"F
Air Density :	0.06607	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06615	Lbs/Ft3
Air Velocity :	5470.54	Ft/min	Air Velocity :	5120.78	Ft/min
Air Flow :	11928.74	Ft3/min	Air Flow :	11166.08	Ft3/min
Air Flow :	21.1100	T/h	Air Flow :	19.7860	T/h
Coal Pipe velocity(m/s)					
Coal Flow :	47.70793312	T/H	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3
PA Flow :	90.64507294	T/H	29.81641184	26.78773	29.80038
			Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
			0	27.71740	25.94530151

12. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 45%

Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.35		1	0.45	
2	0.57		2	0.55	
3	0.57		3	0.58	
4	0.52		4	0.52	
5	0.45		5	0.57	
6	0.55		6	0.52	
7	0.43		7	0.36	
8	0.61		8	0.48	
9	0.64		9	0.56	
10	0.55		10	0.57	
11	0.57		11	0.62	
12	0.64		12	0.34	
average	2.157863088	#DIV/0!	average	2.04746079	#DIV/0!
Average Total	2.157863088		Average Total	2.04746079	
Static Pressure :	1.244000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	144.1	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06600	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6266.66	Ft/min	Air Velocity :	6125.01	Ft/min
Air Flow :	13664.71	Ft3/min	Air Flow :	13355.84	Ft3/min
Air Flow :	24.1589	T/h	Air Flow :	23.4529	T/h

Coal Pipe : C3			Coal Pipe : C4		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.62		1	0	0
2	0.55		2	0	0
3	0.54		3	0	0
4	0.45		4	0	0
5	0.32		5	0	0
6	0.45		6	0	0
7	0.56		7	0	0
8	0.48				
9	0.54				
10	0.53				
11	0.54				
12	0.62				
average	2.001579316	#DIV/0!	average	0	0
Average Total	2.001579316		Average Total	0	

Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity : Air	6063.17	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	13220.99	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	23.1612	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.35		1	0.34	
2	0.52		2	0.15	
3	0.57		3	0.27	
4	0.52		4	0.34	
5	0.45		5	0.37	
6	0.35		6	0.378	
7	0.6		7	0.54	
8	0.61		8	0.55	
9	0.54		9	0.61	
10	0.55		10	0.47	
11	0.57		11	0.47	
12	0.64		12	0.61	
average	2.097643653	#DIV/0!	average	1.70554822	#DIV/0!
Average Total	2.097643653		Average Total	1.70554822	

Static Pressure :	0.88	W.C.	Static Pressure :	1.004	W.C.
Temperature :	143.9	"F	Temperature :	143.6	"F
Air Density :	0.06597	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06602	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6180.33	Ft/min	Air Velocity :	5570.63	Ft/min
Air Flow :	13476.47	Ft3/min	Air Flow :	12146.99	Ft3/min
Air Flow :	23.8127	T/h	Air Flow :	21.4807	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)					
Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
31.75107487	31.03339	30.72005	0	31.31368	28.2245096

Coal Flow :	47.70793312	T/H
PA Flow :	90.64507294	T/H

13. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 50%

Coal Balance Mill C			
Coal Pipe (I.D) :	1.66662	Ft	2.866410705
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	
Barometric Pressure :		29.9213 Hg	
Pulverizer :		C	
Date :		12-Mar-19	
Coal Pipe :		C1	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.35		
2	0.5		
3	0.55		
4	0.58		
5	0.54		
6	0.57		
7	0.6		
8	0.61		
9	0.57		
10	0.53		
11	0.53		
12	0.59		
average	2.181281757	#DIV/0!	
Average Total	2.181281757		
Coal Pipe :		C2	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.41		
2	0.42		
3	0.55		
4	0.57		
5	0.52		
6	0.45		
7	0.35		
8	0.6		
9	0.61		
10	0.54		
11	0.61		
12	0.72		
average	1.875405261	#DIV/0!	
Average Total	1.875405261		
Static Pressure :	0.640000	W.C.	
Temperature :	144.1	"F	
Air Density :	0.06591	Lbs/Ft3	
Air Velocity :	6305.24	Ft/min	
Air Flow :	13748.84	Ft3/min	
Air Flow :	24.2716	T/h	
Static Pressure :	0.76278	W.C.	
Temperature :	147.5	"F	
Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3	
Air Velocity :	5862.01	Ft/min	
Air Flow :	12782.36	Ft3/min	
Air Flow :	22.4459	T/h	

Coal Pipe :			
Coal Pipe :		C3	
Point	Port 1	Port 2	
1	0.35		
2	0.52		
3	0.57		
4	0.52		
5	0.45		
6	0.35		
7	0.6		
8	0.61		
9	0.45		
10	0.46		
11	0.55		
12	0.61		
average	2.020696597	#DIV/0!	
Average Total	2.020696597		
Coal Pipe :		C4	
Point	Port 1	Port 2	
1	0	0	
2	0	0	
3	0	0	
4	0	0	
5	0	0	
6	0	0	
7	0	0	
average	0	0	
Average Total	0		
Static Pressure :	0.802926	W.C.	
Temperature :	149	"F	
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	
Air Velocity :	6092.05	Ft/min	
Flow :	13283.98	Ft3/min	
Air Flow :	23.2716	T/h	
Static Pressure :	0	W.C.	
Temperature :	0	"F	
Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3	
Air Velocity :	0.00	Ft/min	
Air Flow :	0.00	Ft3/min	
Air Flow :	0.0000	T/h	

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.21		1	0.56	
2	0.37		2	0.54	
3	0.47		3	0.48	
4	0.57		4	0.55	
5	0.63		5	0.57	
6	0.61		6	0.58	
7	0.65		7	0.5	
8	0.67		8	0.54	
9	0.74		9	0.44	
10	0.76		10	0.56	
11	0.75		11	0.53	
12	0.83		12	0.39	
average	2.42951965	#DIV/0!	average	2.08760708	#DIV/0!
Average Total	2.42951965		Average Total	2.08760708	

Static Pressure :	1.244	W.C.	Static Pressure :	0.56	W.C.
Temperature :	144	"F	Temperature :	143	"F
Air Density :	0.06602	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06601	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6648.88	Ft/min	Air Velocity :	6163.35	Ft/min
Air Flow :	14498.16	Ft3/min	Air Flow :	13439.45	Ft3/min
Air Flow :	25.6366	T/h	Air Flow :	23.7640	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)						
	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
Coal Flow :	47.70793312	T/H				
PA Flow :	90.64507294	T/H				
	31.94654798	29.70085	30.8664	0	33.68765	31.22764971

14. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier
55%

Coal Pipe : C1			Coal Pipe : C2		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.43		1	0.77	
2	0.5		2	0.66	
3	0.53		3	0.44	
4	0.52		4	0.37	
5	0.55		5	0.43	
6	0.57		6	0.33	
7	0.67		7	0.38	
8	0.62		8	0.42	
9	0.67		9	0.46	
10	0.55		10	0.55	
11	0.65		11	0.61	
12	0.59		12	0.67	
average	2.291684054	#DIV/0!	average	2.037424218	#DIV/0!
Average Total	2.291684054		Average Total	2.037424218	

Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	2.866410705	Barometric Pressure :	29.9213	Hg
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2		Pulverizer :	C	
				Date :	12-Mar-19	

Static Pressure :	0.680000	W.C.	Static Pressure :	0.76278	W.C.
Temperature :	143	"F	Temperature :	147.5	"F
Air Density :	0.06603	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065558	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6456.63	Ft/min	Air Velocity :	6109.98	Ft/min
Air Flow :	14078.96	Ft3/min	Air Flow :	13323.07	Ft3/min
Air Flow :	24.9022	T/h	Air Flow :	23.3954	T/h

Coal Pipe : C3			Coal Pipe : C4		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.71		1	0	0
2	0.63		2	0	0
3	0.58		3	0	0
4	0.51		4	0	0
5	0.49		5	0	0
6	0.35		6	0	0
7	0.47		7	0	0
8	0.38				
9	0.48				
10	0.59				
11	0.66				
12	0.77				
average	2.214736998	#DIV/0!	average	0	0
Average Total	2.214736998		Average Total	0	

Static Pressure :	0.802926	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	149	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06540	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6377.85	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	13907.17	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	24.3633	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.32		1	0.43	
2	0.65		2	0.21	
3	0.67		3	0.35	
4	0.74		4	0.45	
5	0.73		5	0.47	
6	0.71		6	0.51	
7	0.68		7	0.62	
8	0.73		8	0.64	
9	0.75		9	0.65	
10	0.77		10	0.58	
11	0.76		11	0.551	
12	0.73		12	0.42	
average	2.756711913	#DIV/0!	average	1.967502762	#DIV/0!
Average Total	2.756711913		Average Total	1.967502762	

Static Pressure :	1.887	W.C.	Static Pressure :	1.285	W.C.
Temperature :	143.1	"F	Temperature :	141.3	"F
Air Density :	0.06622	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06632	Lbs/Ft3
Air Velocity :	7071.61	Ft/min	Air Velocity :	5969.68	Ft/min
Air Flow :	15419.94	Ft3/min	Air Flow :	13017.14	Ft3/min
Air Flow :	27.3503	T/h	Air Flow :	23.1235	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)						
	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
Coal Flow :	47.70793312	T/H				
PA Flow :	32.71360101	30.95723	32.31444	0	35.82949	30.2463893

15. Lampiran coal velocity dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 60%

Coal Pipe :			C1		
Point	Port 1	Port 2			
1	0.38				
2	0.57				
3	0.47				
4	0.55				
5	0.51				
6	0.63				
7	0.65				
8	0.61				
9	0.65				
10	0.57				
11	0.65				
12	0.71				
average	2.325139296	#DIV/0!			
Average Total	2.325139296				

Coal Pipe :			C2		
Point	Port 1	Port 2			
1	0.45				
2	0.34				
3	0.44				
4	0.62				
5	0.65				
6	0.67				
7	0.48				
8	0.48				
9	0.45				
10	0.52				
11	0.55				
12	0.52				
average	2.064188411	#DIV/0!			
Average Total	2.064188411				

Coal Pipe (I.D) :	1.666662	Ft	Barometric Pressure :	29.9213 Hg	
Coal Pipe Area :	2.180542	Ft2	Pulverizer :	C	
			Date :	12-Mar-19	

Static Pressure :	0.803000	W.C.	Static Pressure :	0.602	W.C.
Temperature :	143.7	"F	Temperature :	143.5	"F
Air Density :	0.06598	Lbs/Ft3	Air Density :	0.065966	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6506.38	Ft/min	Air Velocity :	6130.91	Ft/min
Air Flow :	14187.44	Ft3/min	Air Flow :	13368.70	Ft3/min
Air Flow :	25.0725	T/h	Air Flow :	23.6218	T/h

Coal Pipe :			C3		
Point	Port 1	Port 2			
1	0.44				
2	0.48				
3	0.37				
4	0.45				
5	0.44				
6	0.47				
7	0.53				
8	0.63				
9	0.67				
10	0.71				
11	0.73				
12	0.75				
average	2.231464619	#DIV/0!			
Average Total	2.231464619				

Coal Pipe :			C4		
Point	Port 1	Port 2			
1	0	0			
2	0	0			
3	0	0			
4	0	0			
5	0	0			
6	0	0			
7	0	0			
average	0	0			
Average Total	0				

Static Pressure :	0.562	W.C.	Static Pressure :	0	W.C.
Temperature :	144.2	"F	Temperature :	0	"F
Air Density :	0.06588	Lbs/Ft3	Air Density :	0.08642	Lbs/Ft3
Air Velocity :	6378.50	Ft/min	Air Velocity :	0.00	Ft/min
Flow :	13908.58	Ft3/min	Air Flow :	0.00	Ft3/min
Air Flow :	24.5448	T/h	Air Flow :	0.0000	T/h

Coal Pipe : C5			Coal Pipe : C6		
Point	Port 1	Port 2	Point	Port 1	Port 2
1	0.57		1	0.54	
2	0.41		2	0.22	
3	0.61		3	0.37	
4	0.65		4	0.42	
5	0.67		5	0.55	
6	0.68		6	0.65	
7	0.74		7	0.73	
8	0.77		8	0.62	
9	0.75		9	0.65	
10	0.75		10	0.62	
11	0.74		11	0.62	
12	0.72		12	0.54	
average	2.696492478	#DIV/0!	average	2.184627281	#DIV/0!
Average Total	2.696492478		Average Total	2.184627281	

Static Pressure :	1.084	W.C.	Static Pressure :	1.0037	W.C.
Temperature :	143.1	"F	Temperature :	142.6	"F
Air Density :	0.06609	Lbs/Ft3	Air Density :	0.06613	Lbs/Ft3
Air Velocity :	7000.82	Ft/min	Air Velocity :	6299.42	Ft/min
Air Flow :	15265.59	Ft3/min	Air Flow :	13736.16	Ft3/min
Air Flow :	27.0233	T/h	Air Flow :	24.3313	T/h

Coal Pipe velocity(m/s)						
	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	Pipe 4	Pipe 5	Pipe 6
Coal Flow :	47.70793312	T/H				
PA Flow :	90.64507294	T/H	32.96566832	31.06327	32.31771	0
					35.47084	31.91708261

1. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 40%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 40%)
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia
DITERIMA DARI	: Preparasi
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 8 Maret 2019
TGL. DITERIMA	: 8 Maret 2019
TGL. PENGUJIAN	: 11 Maret 2019
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 40%
8 Maret 2019	C1	15.09
	C2	15.48
	C3	16.55
	C4	17.14
	C5	16.97
	C6	16.84
	AVERAGE	16.35

2. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 45%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 45%)
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia
DITERIMA DARI	: Preparasi
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 8 Maret 2019
TGL. DITERIMA	: 8 Maret 2019
TGL. PENGUJIAN	: 12 Maret 2019
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 45%
8 Maret 2019	C1	15.10
	C2	15.57
	C3	15.88
	C4	17.31
	C5	18.25
	C6	18.47
	AVERAGE	16.76

3. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 50%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 50%)
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia
DITERIMA DARI	: Preparasi
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 8 Maret 2019
TGL. DITERIMA	: 8 Maret 2019
TGL. PENGUJIAN	: 13 Maret 2019
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 50%
8 Maret 2019	C1	14.53
	C2	14.54
	C3	15.44
	C4	15.67
	C5	16.39
	C6	16.59
	AVERAGE	15.53

4. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 55%.

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 55%)
 NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya
 ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439
 Cilegon Banten - Indonesia

DITERIMA DARI : Preparasi
 TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 8 Maret 2019

TGL. DITERIMA : 8 Maret 2019
 TGL. PENGUJIAN : 14 Maret 2019
 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 55%
8 Maret 2019	C1	15.58
	C2	16.19
	C3	17.25
	C4	17.19
	C5	17.55
	C6	15.02
	AVERAGE	16.46

5. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,7:1) dengan variasi vane classifier 60%.

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 60%)
 NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya
 ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439
 Cilegon Banten - Indonesia

DITERIMA DARI : Preparasi
 TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 8 Maret 2019

TGL. DITERIMA : 8 Maret 2019
 TGL. PENGUJIAN : 15 Maret 2019
 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 60%
8 Maret 2019	C1	14.51
	C2	15.67
	C3	17.36
	C4	16.68
	C5	16.50
	C6	16.31
	AVERAGE	16.17

6. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier 40%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 40%)
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia
DITERIMA DARI	: Preparasi
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 11 Maret 2019
TGL. DITERIMA	: 11 Maret 2019
TGL. PENGUJIAN	: 12 Maret 2019
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 40%
: 11 Maret 2019	C1	14.51
	C2	14.55
	C3	14.41
	C4	15.70
	C5	15.14
	C6	15.73
	AVERAGE	15.01

7. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier 45%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 45%)
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia
DITERIMA DARI	: Preparasi
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 11 Maret 2019
TGL. DITERIMA	: 11 Maret 2019
TGL. PENGUJIAN	: 13 Maret 2019
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 45%
: 11 Maret 2019	C1	14.41
	C2	14.78
	C3	16.31
	C4	16.61
	C5	16.66
	C6	18.10
	AVERAGE	16.15

8. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier 50%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 50%)	
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya	
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia	
DITERIMA DARI	: Preparasi	
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 11 Maret 2019	
TGL. DITERIMA	: 11 Maret 2019	
TGL. PENGUJIAN	: 14 Maret 2019	
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik	

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 50%
: 11 Maret 2019	C1	14.85
	C2	14.56
	C3	15.39
	C4	17.11
	C5	15.44
	C6	19.16
	AVERAGE	16.09

9. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier 55%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 55%)	
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya	
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia	
DITERIMA DARI	: Preparasi	
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 11 Maret 2019	
TGL. DITERIMA	: 11 Maret 2019	
TGL. PENGUJIAN	: 15 Maret 2019	
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik	

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 55%
: 11 Maret 2019	C1	14.16
	C2	14.40
	C3	15.29
	C4	15.79
	C5	15.57
	C6	16.59
	AVERAGE	15.30

10. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,8:1) dengan variasi vane classifier 60%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 60%)	
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya	
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia	
DITERIMA DARI	: Preparasi	
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 11 Maret 2019	
TGL. DITERIMA	: 11 Maret 2019	
TGL. PENGUJIAN	: 18 Maret 2019	
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik	

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 60%
: 11 Maret 2019	C1	14.09
	C2	14.16
	C3	14.83
	C4	15.35
	C5	15.36
	C6	15.55
	AVERAGE	14.89

11. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 40%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 40%)	
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya	
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia	
DITERIMA DARI	: Preparasi	
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 12 Maret 2019	
TGL. DITERIMA	: 12 Maret 2019	
TGL. PENGUJIAN	: 13 Maret 2019	
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik	

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 40%
: 12 Maret 2019	C1	13.72
	C2	13.66
	C3	14.47
	C4	15.17
	C5	15.54
	C6	15.76
	AVERAGE	14.72

12. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 45%.

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 45%)
 NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya
 ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439
 Cilegon Banten - Indonesia

DITERIMA DARI : Preparasi
 TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 12 Maret 2019

TGL. DITERIMA : 12 Maret 2019
 TGL. PENGUJIAN : 14 Maret 2019
 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 45%
: 12 Maret 2019	C1	13.97
	C2	14.29
	C3	15.43
	C4	15.25
	C5	15.58
	C6	16.34
	AVERAGE	15.14

13. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 50%.

CONTOH : Fineness Mill 6C (Classifier 50%)
 NAMA PELANGGAN : PT.Indonesia Power UP Suralaya
 ALAMAT : Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439
 Cilegon Banten - Indonesia

DITERIMA DARI : Preparasi
 TGL. PENGAMBILAN CONTOH : 12 Maret 2019

TGL. DITERIMA : 12 Maret 2019
 TGL. PENGUJIAN : 15 Maret 2019
 URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH : Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 50%
: 12 Maret 2019	C1	13.27
	C2	13.60
	C3	15.08
	C4	15.21
	C5	15.39
	C6	16.75
	AVERAGE	14.88

14. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 55%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 55%)
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia
DITERIMA DARI	: Preparasi
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 12 Maret 2019
TGL. DITERIMA	: 12 Maret 2019
TGL. PENGUJIAN	: 18 Maret 2019
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 55%
: 12 Maret 2019	C1	13.17
	C2	13.96
	C3	14.85
	C4	15.35
	C5	15.13
	C6	16.15
	AVERAGE	14.77

15. Lampiran Analisa moisture in fineness dengan MAFR (1,9:1) dengan variasi vane classifier 60%.

CONTOH	: Fineness Mill 6C (Classifier 60%)
NAMA PELANGGAN	: PT.Indonesia Power UP Suralaya
ALAMAT	: Komplek PLTU Suralaya Kotak Pos 15 Merak 42439 Cilegon Banten - Indonesia
DITERIMA DARI	: Preparasi
TGL. PENGAMBILAN CONTOH	: 12 Maret 2019
TGL. DITERIMA	: 12 Maret 2019
TGL. PENGUJIAN	: 19 Maret 2019
URAIAN/IDENTIFIKASI CONTOH	: Serbuk dalam kantong plastik

Tgl Sampling	Mill	MOISTURE (%)
		Bukaan Classifier 60%
: 12 Maret 2019	C1	12.98
	C2	13.15
	C3	13.82
	C4	14.34
	C5	14.35
	C6	14.54
	AVERAGE	13.86

Perhitungan dirty air velocity

1. Menghitung Average square Head ($avg\sqrt{vh}$)

$$(avg\sqrt{vh}) = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{vh}}{n} = \frac{\sqrt{vh_1} + \sqrt{vh_2} + \dots + \sqrt{vh_n}}{n}$$

2. Menghitung Density, d (lb/ft³)

$$d = 0.075 \left(\frac{(70 + 460)}{(T_p + 460)} \frac{(Sp/13.6 + Bp)}{29.92} \right)$$

dimana, T_p = Pipe Temperature (°F)

Bp = barometric pressure ("Hg) = 1 atm = 29.9213 "Hg

Sp = Static pressure ("w.c) = KPa x 4.014629

3. Velocity calculation, V (ft/min)

$$V = 1096. K. \frac{avg\sqrt{vh}}{\sqrt{d}}$$

4. Volumetric Flow, Q (ft³/min)

$$Q = A.V$$

5. Mass Flow, W (lb/hr)

$$W = Q.d.60$$

Lampiran Data logger

Time	open clasifire	PA A TEMP [degC]	PA TO PULV C LINEAR FLOW [t/h]	PULV C MTR PWR [kW]	UNIT MASTER GENERATED MW [MW]	MAFR	MILL 6C COAL FUEL SUPPLY RATE [t/h]
08/03/2019 09:00	45	246.08	87.73	406.05	599.50	1.7	51.60547144
08/03/2019 09:15	45	247.71	87.09	410.32	596.39	1.7	51.22725094
08/03/2019 09:30	45	247.81	86.60	394.63	592.96	1.7	50.93899895
08/03/2019 09:45	45	248.18	87.56	405.81	589.48	1.7	51.50506861
08/03/2019 10:00	40	248.65	85.95	418.14	590.19	1.7	50.55851656
08/03/2019 10:15	40	248.87	86.38	427.39	586.69	1.7	50.81121557
08/03/2019 10:30	40	250.38	85.92	426.49	592.80	1.7	50.54348216
08/03/2019 10:45	40	252.02	86.08	435.86	592.57	1.7	50.63442903
08/03/2019 11:00	50	252.53	87.16	433.11	589.24	1.7	51.27013711
08/03/2019 11:15	50	254.07	87.05	415.67	589.24	1.7	51.20691187
08/03/2019 11:30	50	253.90	88.41	409.35	573.26	1.7	52.00407999
08/03/2019 11:45	50	248.93	88.89	387.72	530.08	1.7	52.28791181
08/03/2019 16:45	55	260.05	87.94	313.23	581.60	1.7	51.73166612
08/03/2019 17:00	55	257.82	89.62	370.95	599.02	1.7	52.7171595
08/03/2019 17:15	55	258.17	88.34	377.79	599.27	1.7	51.96585263
08/03/2019 17:30	55	257.79	87.98	365.48	604.75	1.7	51.7536298
08/03/2019 17:45	55	257.22	88.90	350.74	598.78	1.7	52.29324341
08/03/2019 18:00	60	257.58	88.06	342.37	600.05	1.7	51.79957222
08/03/2019 18:15	60	257.50	87.15	339.61	597.73	1.7	51.26507479
08/03/2019 18:30	60	257.27	89.13	394.63	587.33	1.7	52.42725148
08/03/2019 18:45	60	257.26	88.31	397.38	599.27	1.7	51.94965138
08/03/2019 19:00	60	257.90	88.05	394.09	596.39	1.7	51.79601333
11/03/2019 09:00	45	269.26	87.60	392.82	600.45	1.8	48.66884443
11/03/2019 09:15	45	268.22	87.75	390.12	602.84	1.8	48.75115712
11/03/2019 09:30	45	269.37	87.26	394.68	594.48	1.8	48.47709656
11/03/2019 09:45	45	269.85	87.51	385.31	593.05	1.8	48.61539629
11/03/2019 10:00	40	270.59	87.65	404.85	591.15	1.8	48.69570414
11/03/2019 10:15	40	269.93	87.54	412.35	598.30	1.8	48.6322742
11/03/2019 10:30	40	269.76	86.71	408.75	597.35	1.8	48.1735399
11/03/2019 10:45	40	270.82	87.58	400.93	599.98	1.8	48.65780724
11/03/2019 11:00	50	272.62	86.74	384.71	599.50	1.8	48.1891844
11/03/2019 11:15	50	273.86	87.80	379.29	598.78	1.8	48.77757602
11/03/2019 11:30	50	273.58	87.19	380.80	590.67	1.8	48.44015757
11/03/2019 11:45	50	272.04	87.82	380.19	592.10	1.8	48.78852844
11/03/2019 13:00	55	269.88	87.02	392.21	596.23	1.8	48.34418403
11/03/2019 13:15	55	270.39	87.72	376.29	603.79	1.8	48.73579237
11/03/2019 13:30	55	271.02	88.01	360.36	605.54	1.8	48.89352587
11/03/2019 13:45	55	271.12	87.71	379.90	601.39	1.8	48.73026106
11/03/2019 14:00	60	270.98	88.36	335.42	602.84	1.8	49.08910116
11/03/2019 14:15	60	271.48	86.97	348.34	599.98	1.8	48.31789653
11/03/2019 14:30	60	272.29	86.71	334.52	604.27	1.8	48.17378998
11/03/2019 14:45	60	272.41	87.54	343.52	600.91	1.8	48.63441467
12/03/2019 09:00	45	247.32	83.69	382.97	526.74	1.9	44.04607271
12/03/2019 09:15	45	246.97	83.26	397.09	531.03	1.9	43.82089314
12/03/2019 09:30	45	247.27	84.27	384.41	518.63	1.9	44.35398303
12/03/2019 09:45	45	247.91	84.95	389.81	520.30	1.9	44.71044038
12/03/2019 10:00	40	247.75	84.46	411.53	545.10	1.9	44.45480347
12/03/2019 10:15	40	252.49	85.76	430.39	586.85	1.9	45.13479935
12/03/2019 10:30	40	256.00	85.39	443.63	601.64	1.9	44.94269522
12/03/2019 10:45	40	256.34	84.65	417.22	600.45	1.9	44.55003839
12/03/2019 11:00	50	257.97	90.59	399.44	597.11	1.9	47.68117001
12/03/2019 11:15	50	258.31	91.41	403.95	596.39	1.9	48.10862491
12/03/2019 11:30	50	258.05	91.71	402.13	591.87	1.9	48.26669392
12/03/2019 11:45	50	258.39	91.23	412.05	593.28	1.9	48.01486768
12/03/2019 13:30	55	261.34	91.10	377.49	597.35	1.9	47.94659665
12/03/2019 13:45	55	262.02	91.27	368.77	596.64	1.9	48.03459569
12/03/2019 14:00	55	262.48	91.21	345.09	591.39	1.9	48.0076559
12/03/2019 14:30	60	261.33	91.93	336.98	601.16	1.9	48.38286952
12/03/2019 14:45	60	261.69	92.86	394.63	594.25	1.9	48.87578061
12/03/2019 15:00	60	262.27	89.95	428.59	602.84	1.9	47.34287864

Time	open clasif ire	FUEL_AIR CNTL TOT F FLOW [%]	PULV C OUT TEMP AVG SEL XMTR [C]
08/03/2019 09:00	45	69.11	66.69
08/03/2019 09:15	45	69.09	65.05
08/03/2019 09:30	45	69.10	66.46
08/03/2019 09:45	45	69.46	66.83
08/03/2019 10:00	40	69.56	67.17
08/03/2019 10:15	40	69.94	66.93
08/03/2019 10:30	40	69.71	67.46
08/03/2019 10:45	40	69.70	67.22
08/03/2019 11:00	50	69.81	66.84
08/03/2019 11:15	50	69.87	66.37
08/03/2019 11:30	50	68.02	66.00
08/03/2019 11:45	50	62.83	65.57
08/03/2019 16:45	55	68.20	62.48
08/03/2019 17:00	55	70.52	63.53
08/03/2019 17:15	55	70.21	64.27
08/03/2019 17:30	55	69.39	65.46
08/03/2019 17:45	55	69.60	65.92
08/03/2019 18:00	60	69.75	66.61
08/03/2019 18:15	60	69.54	65.28
08/03/2019 18:30	60	70.51	64.65
08/03/2019 18:45	60	69.71	64.74
08/03/2019 19:00	60	69.49	65.23
11/03/2019 09:00	45	69.39	65.53
11/03/2019 09:15	45	69.59	64.22
11/03/2019 09:30	45	69.70	65.17
11/03/2019 09:45	45	69.70	64.95
11/03/2019 10:00	40	70.02	64.60
11/03/2019 10:15	40	69.81	64.96
11/03/2019 10:30	40	69.81	64.86
11/03/2019 10:45	40	69.86	64.86
11/03/2019 11:00	50	69.75	64.66
11/03/2019 11:15	50	69.79	65.41
11/03/2019 11:30	50	70.04	65.35
11/03/2019 11:45	50	70.01	65.13
11/03/2019 13:00	55	70.35	65.02
11/03/2019 13:15	55	70.04	64.94
11/03/2019 13:30	55	69.92	65.17
11/03/2019 13:45	55	70.06	65.18
11/03/2019 14:00	60	70.00	65.03
11/03/2019 14:15	60	70.09	65.29
11/03/2019 14:30	60	69.78	65.05
11/03/2019 14:45	60	69.84	64.36
12/03/2019 09:00	45	61.02	66.20
12/03/2019 09:15	45	61.03	66.01
12/03/2019 09:30	45	61.18	66.01
12/03/2019 09:45	45	61.00	66.01
12/03/2019 10:00	40	63.95	66.40
12/03/2019 10:15	40	70.10	66.13
12/03/2019 10:30	40	69.97	65.95
12/03/2019 10:45	40	69.54	66.40
12/03/2019 11:00	50	69.74	66.39
12/03/2019 11:15	50	69.73	66.20
12/03/2019 11:30	50	69.75	66.02
12/03/2019 11:45	50	69.61	66.06
12/03/2019 13:30	55	70.05	66.12
12/03/2019 13:45	55	70.07	66.01
12/03/2019 14:00	55	70.45	66.08
12/03/2019 14:30	60	70.74	66.09
12/03/2019 14:45	60	70.62	66.09
12/03/2019 15:00	60	70.52	65.63

Time	MAFR	open clasifire	SSH INL TEMP S A SEL [C]		METAL TEMP - SSH OUTLET [C]
08/03/2019 09:00	1,7:1	45	400.03		567.18
08/03/2019 09:15	1,7:1	45	402.51		564.35
08/03/2019 09:30	1,7:1	45	404.40		565.69
08/03/2019 09:45	1,7:1	45	403.43		565.62
08/03/2019 10:00	1,7:1	40	401.24		568.58
08/03/2019 10:15	1,7:1	40	402.18		567.43
08/03/2019 10:30	1,7:1	40	402.76		569.32
08/03/2019 10:45	1,7:1	40	403.73		568.44
08/03/2019 11:00	1,7:1	50	404.42		565.93
08/03/2019 11:15	1,7:1	50	404.37		566.79
08/03/2019 11:30	1,7:1	50	401.70		575.79
08/03/2019 11:45	1,7:1	50	402.20		583.80
08/03/2019 16:45	1,7:1	55	403.69		574.89
08/03/2019 17:00	1,7:1	55	406.18		573.98
08/03/2019 17:15	1,7:1	55	406.18		573.96
08/03/2019 17:30	1,7:1	55	406.16		574.84
08/03/2019 17:45	1,7:1	55	406.18		567.89
08/03/2019 18:00	1,7:1	60	390.34		572.57
08/03/2019 18:15	1,7:1	60	410.28		571.82
08/03/2019 18:30	1,7:1	60	407.46		572.97
08/03/2019 18:45	1,7:1	60	405.47		574.90
08/03/2019 19:00	1,7:1	60	403.98		571.86
11/03/2019 09:00	1,8:1	45	401.36		562.57
11/03/2019 09:15	1,8:1	45	398.13		563.65
11/03/2019 09:30	1,8:1	45	402.93		564.76
11/03/2019 09:45	1,8:1	45	401.02		567.38
11/03/2019 10:00	1,8:1	40	401.36		562.57
11/03/2019 10:15	1,8:1	40	398.13		563.65
11/03/2019 10:30	1,8:1	40	401.02		566.63
11/03/2019 10:45	1,8:1	40	402.47		569.49
11/03/2019 11:00	1,8:1	50	406.02		572.67
11/03/2019 11:15	1,8:1	50	406.08		569.54
11/03/2019 11:30	1,8:1	50	405.67		570.05
11/03/2019 11:45	1,8:1	50	404.79		569.67
11/03/2019 13:00	1,8:1	55	409.07		572.30
11/03/2019 13:15	1,8:1	55	411.61		570.49
11/03/2019 13:30	1,8:1	55	418.63		567.65
11/03/2019 13:45	1,8:1	55	418.57		569.40
11/03/2019 17:00	1,8:1	60	414.59		574.44
11/03/2019 17:15	1,8:1	60	416.84		572.52
11/03/2019 17:30	1,8:1	60	415.18		573.03
11/03/2019 17:45	1,8:1	60	417.14		571.90
12/03/2019 09:00	1,9:1	45	399.72		573.92
12/03/2019 09:15	1,9:1	45	399.71		573.44
12/03/2019 09:30	1,9:1	45	402.16		571.24
12/03/2019 09:45	1,9:1	45	399.79		571.03
12/03/2019 10:00	1,9:1	40	399.36		567.64
12/03/2019 10:15	1,9:1	40	400.78		564.58
12/03/2019 10:30	1,9:1	40	403.39		567.46
12/03/2019 10:45	1,9:1	40	404.94		565.57
12/03/2019 11:00	1,9:1	50	404.28		570.88
12/03/2019 11:15	1,9:1	50	406.23		573.89
12/03/2019 11:30	1,9:1	50	408.67		571.90
12/03/2019 11:45	1,9:1	50	412.05		570.88
12/03/2019 13:30	1,9:1	55	404.28		570.24
12/03/2019 13:45	1,9:1	55	406.23		573.13
12/03/2019 14:00	1,9:1	55	408.67		571.52
12/03/2019 14:30	1,9:1	60	398.10		573.41
12/03/2019 14:45	1,9:1	60	401.23		573.33
12/03/2019 15:00	1,9:1	60	400.33		572.34

