

PENENTUAN DAN ANALISIS SPESIFIKASI TEKNIS SISTEM PENGOLAHAN “By PRODUCT” PADA PENGELOLAAN GAS BUANG MENGGUNAKAN MESIN BERKAS ELEKTRON

Prayitno, Tunjung Indarti, Muhadi AW
Puslitbang Teknologi Maju, BATAN, Yogyakarta

ABSTRAK

PENENTUAN DAN ANALISIS SPESIFIKASI TEKNIS SISTEM PENGOLAHAN “By PRODUCT” PADA PENGELOLAAN GAS BUANG MENGGUNAKAN MESIN BERKAS ELEKTRON. Telah dilakukan perhitungan spesifikasi teknis peralatan : pengendap debu elektrostatik, silo, siklon dan alat pendukung lainnya. Peralatan tersebut untuk memisahkan, menangkap dan mengendapkan gas/debu ataupun zat padat yang terdispersi dalam gas terutama debu-debu dengan ukuran partikel antara 0,001 sampai 10 mikron. Setelah treatment tersebut diharapkan pengelolaan gas buang yang keluar lebih aman terhadap pencemaran lingkungan terutama para pekerja dan keselamatan lingkungan. Hasil perhitungan spesifikasi teknis sebagai berikut : Pengendap debu elektrostatik jenis tangki segi empat tegak bagian bawah kerucut. Dalam tangki ada plat collector electrode panjang = 200 cm dan lebar 100 cm, serta dilengkapi kawat (discharge electrodes) = 0,50 cm, waktu tinggal 10 detik. Electrostatic High Negative Voltage = 20.000- 100.000 V. Silo dengan volume 9,30 m³, diameter = 175 cm dan tinggi = 350 cm. Ukuran siklon : Bc = 40 cm; Hc = 80 cm; Dc = 160 cm; De = 80 cm; Zc = Lc = 320 cm; Sc = 20 cm; Jc = 40 cm. Laju volumetrik = 19,507 m³/detik, konsentrasi debu 12,96 g/m³ dan kapasitas siklon = 8893,241 g/detik.

ABSTRACT

TECHNICAL SPECIFICATION CALCULATION AND ANALYSIS OF BY PRODUCT FLUE GAS TREATMENT SYSTEM MANAGEMENT USING ELECTRON BEAM MACHINE. There have been conducted an equipment technical specification calculation of : dust electrostatic precipitator, silo, cyclone and others (accessories). The equipments were used to dissociate, to catch and to precipitate the dust and solid which was dispersed in the gas especially for 0,001 until 10 micron particle dust. After using the treatment, the out of gas to the environmental is representative for worker and environmental safety. Result of technical specification calculation as follows : the cube with cone in the bottom dust electrostatic precipitator. The collector electrode, which were inserted in the tank, has 200 cm, 100 cm of width, and 0,500 cm of diameter with the live time 10 second. Electrostatic High Negative Voltage = 20.000- 100.000 V. Silo with the volume = 9,3 m³, diameter = 175 cm and high = 350 cm. Size of cyclone : Bc = 40 cm; Hc = 80 cm; Dc 160 cm; De = 80 cm; Zc = Lc = 320 cm; Sc = 20 cm; Jc = 40 cm. Volumetric rate = 19,507 m³/sec, dust concentration = 12,96 g/m³ and cyclone capacities = 8893,241 g/second.

PENDAHULUAN

Pemakaian batubara dalam kegiatan industri sangat banyak. Batubara terutama digunakan sebagai bahan bakar pada PLTU yang memasok kebutuhan energi

listrik bagi industri tersebut. Pada pembakaran dan pemecahan (pemisahan cracking) batubara, selain dihasilkan gas buangan (CO, NO_x dan SO_x), juga banyak dihasilkan partikel-partikel yang terdispersi ke udara sebagai bahan pencemar. Partikel-partikel tersebut antara lain :

karbon dalam bentuk abu atau *fly ash* (C), debu silika, debu alumina dan oksida-oksida besi. Penelitian lebih jauh mengenai dampak pemakaian bahan bakar batubara ternyata menarik, karena selain mengeluarkan partikel-partikel tersebut diatas yang tidak radioaktif, juga dilepaskan partikel-partikel radioaktif karena batubara^[1] sebagai bahan bakar fosil juga mengandung unsur-unsur radioaktif alam yang apabila dibakar maka unsur-unsur radio-aktif tersebut akan ikut keluar bersama-sama komponen hasil pembakaran lainnya. Dari hasil penelitian telah terbukti bahan selain menghasilkan gas CO, NO_x, SO_x, C dan sejumlah abu maupun debu. Gas nitrogen oksida, gas monoksida dan gas nitrogen dioksida, keduanya mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi keselamatan. Gas NO yang mencemari udara secara visual sulit diamati karena gas tersebut tak berwarna dan berbau. Sedangkan gas NO₂ mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat & warnanya coklat^[1,4,6].

Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relatif aman dan tak berbahaya, kecuali bila gas NO berada dalam konsentrasi tinggi. Sebagian besar pencemaran udara oleh gas belerang oksida (SO_x) berasal dari pembakaran bahan-bahan fosil, terutama batubara. Ada dua macam gas belerang (SO_x) yaitu : SO₂ dan SO₃. Dalam hal ini perubahan akan menghasilkan gas SO₂ yang lebih banyak dari pada gas SO₃. Walaupun gas SO₂ lebih dominan atau akan tetapi pertemuannya dengan udara yang mengandung oksigen akan menghasilkan gas SO₃.^[1,4,6]

Berbagai macam proses industri ternyata ada yang menghasilkan partikel-partikel yang dapat menyebar ke udara lingkungan. Suatu industri/pabrik yang memperhatikan masalah keselamatan kerja dan kesehatan lingkungan tentu akan melengkapi pabriknya dengan penyaring/alat pengendap debu atau filter khusus yang akan menangkap partikel atau debu yang mungkin keluar dari lingkungan pabrik^[5].

Penyaring dengan alat pengendap debu : elektrostatik atau siklon. Bentuk *particulate* partikel yang terbawa udara dalam bentuk aerosol yang mempunyai ukuran dari 0,005 mikron sampai yang lebih besar dapat

diendapkan dengan sistem pengendap debu elektrostatik. Sedangkan pengendap siklon atau *cyclone separators* adalah pengendap debu/abu yang ikut dalam gas buang atau udara dalam ruang kegiatan berdebu.

Prinsip kerja pengendapan siklon : pemanfaatan gaya sentrifugal dari udara/gas buang yang sebaiknya dihembuskan melalui tepi dinding tabung siklon sehingga partikel yang relatif berat akan jatuh ke bawah. Ukuran partikel yang diendapkan antara (5 – 40) mikron, makin besar ukuran debu makin cepat partikel yang terendapkan.

Tenaga sentrifugal ini sebesar 5 kali gaya berat (diameter alat yang besar) sampai 2500 kali gaya berat pada siklon yang sangat kecil. Lubang masuk siklon biasanya berbentuk segi empat panjang. Siklon cocok untuk memungut zat padat dari gas dengan diameter partikel > 5 mikron.

Kegiatan bidang industri yang pertamanya harus mendapat perhatian adalah keselamatan, baik keselamatan manusia maupun lingkungannya. Setelah faktor keselamatan dapat dipertanggung jawabkan, baru dipertimbangkan masalah teknoekonominya.

Pertimbangan pokok setiap pengelolaan pencemar ditujukan terhadap kesehatan manusia dan usaha ini praktis harus ditunjukkan untuk mengurangi sekecil mungkin dosis pencemar yang diterima manusia.

Dalam merencanakan peralatan pengolahan dan sistem pembuangan gas/debu perlu menentukan lebih dahulu mana diantara metode yang sesuai. Perencanaan yang demikian haruslah didasari oleh beberapa falsafah antara lain :

1. Peralatan penampungan, pengolahan, pembuangan harus dilaksanakan dengan mempertimbangkan derajat keamanan lingkungan yang baik.
2. Sistem yang akan diterapkan harus baik dan bisa dilaksanakan dengan biaya serendah-rendahnya.
3. Gas buang dapat digolongkan dari bentuk fisiknya :

- Bentuk *particulate*: partikel yang terbawa udara dalam bentuk aerosol yang mempunyai ukuran dari 0,005 mikron sampai yang lebih besar.
- *Non particulate* partikel dalam bentuk gas.

Pada sistem ventilasi dan gas buang dari operasi pengendapan debu dilengkapi dengan filter-filter berefisiensi tinggi dan filter pendahuluan yang melindungi filter absolut agar tahan lama dalam pemrosesan gas yang aktif. Apabila gas-gas yang dibuang masih banyak debu terutama partikelnya sangat halus, pada pengendapan dan pemisahan debu/zat padat dalam gas tersebut selain dipakai prafilter sering dipasang alat pengendap debu elektrostatis, siklon dan alat yang lain sehingga debu yang sangat halus dapat diendapkan.

Bila partikel dalam gas diubah menjadi ion-ion, maka dalam medan listrik ion-ion tersebut bergerak ke arah medan itu.

Prinsip operasi berdasarkan pada kemampuan dari berbagai bahan untuk diberi muatan elektrostatis dan pada sifat konduktivitas bahan. Karena perbedaan sifat listrik dari bahan-bahan maka dapat diadakan pemisahan partikelnya^[2,3,5].

Alat pengendap debu elektrostatis digunakan untuk membersihkan udara yang kotor dalam jumlah yang relatif besar dan pengotornya udara adalah aerosol atau uap air. Alat ini dapat membersihkan udara secara cepat dan udara yang keluar dari alat ini mudah dan relatif bersih dari pengotor aerosol.

Prinsip dari peralatan ini memanfaatkan gaya "*Coulomb*" yang bekerja atas partikel-partikel bermuatan listrik yang ada dalam medan listrik.

Alat pengendap elektrostatis ini menggunakan arus searah (DC) yang mempunyai tegangan cukup besar. Alat pengendap berupa tabung silinder dimana dindingnya diberi muatan positif, sedangkan di tengah ada sebuah kawat yang ditempatkan di pusat silinder, sejajar dinding tabung, diberi muatan negatif. Adanya perbedaan tegangan yang cukup

besar akan menimbulkan *corona discharge* di daerah sekitar pusat silinder. Hal ini menyebabkan udara kotor yang pengotornya udaranya adalah aerosol seolah-olah mengalami ionisasi. Kotoran udara menjadi ion negatif sedangkan udara bersih yang telah bebas dari aerosol menjadi ion positif dan masing-masing akan menuju ke elektroda yang sesuai. Kotoran yang berupa aerosol menjadi ion negatif akan ditarik oleh dinding tabung sedangkan udara bersih yang telah bebas aerosol akan berada di tengah-tengah silinder dan kemudian terhembus keluar^[1,4].

Faktor-faktor yang berpengaruh pada alat tersebut antara lain :

1. Sifat-sifat dan karakteristik debu serta ukuran partikel minimum dari debu.
2. Suhu gas dan debu.
3. Jumlah debu yang terkumpul pada satu satuan waktu dan kandungan air yang terdapat dalam debu.
4. Letak alat penangkap debu dan operasi yang berkesinambungan.

Kelakuan dari alat pengendap debu biasanya dinyatakan dalam efisiensi pengumpulan dengan notasi "n" yaitu perbandingan berat debu terkumpul terhadap yang masuk alat. Unit tipe *single stage* biasa disebut pengendap *contrell* yang sering dipakai untuk menangkap debu/kabut. Alat penangkap debu yang terbanyak pemakaiannya adalah siklon. Gas kotor masuk ke dalam silinder atau ruang konis secara tangensial melalui satu atau beberapa lubang masuk dan keluar ke atas meninggalkan alat pengendap. Partikel debu dengan gaya inersianya cenderung bergerak keluar dinding alat pesawat. Siklon prinsipnya mempunyai ruang *settling* yang merubah percepatan gravitasi menjadi percepatan sentrifugal.

HASIL DAN ANALISIS

Perhitungan Neraca Massa Pada Sistem Alat Pengendap Debu Elektrostatis (ESP)

Tabel 1. Neraca massa pada ESP.

No	Komponen	Flue Gas Masuk (kg/j)	Flue Gas keluar (kg/j)
1	O ₂	1.276,6360	1.276,6360
2	CO ₂	4.999,1100	4.999,1100
3	H ₂ O	1.240,4060	1.240,4060
4	N ₂	18.113,9500	18.113,9500
5	SO ₂ (92%)	42,26	42,26
6	NO ₂ (53%)	17,00	17,00
7	NH ₃	24,78	1,172
8	NH ₄ NO ₃	13,8960 (2%)	1,6040
9	(NH ₄) ₂ SO ₄	80,1884 (2%)	0,2780

Dari perhitungan tersebut hasilnya sebagai produk samping antara lain :

1. Hasil (NH₄)₂SO₄ = 78,5860 kg/j
= 622.401,1 ton/thn
2. Hasil NH₄NO₃ = 13,6108 kg/j
= 107.797,5 ton/thn

Pengendap Debu Elektrostatik

- a. Fungsi : Memisahkan menangkap dan mengendapkan butiran/serbuk (NH₄)₂SO₄ atau zat padat terdispersi terutama gas dan serbuk dengan ukuran terendah 10 µm
- b. Kondisi operasi :

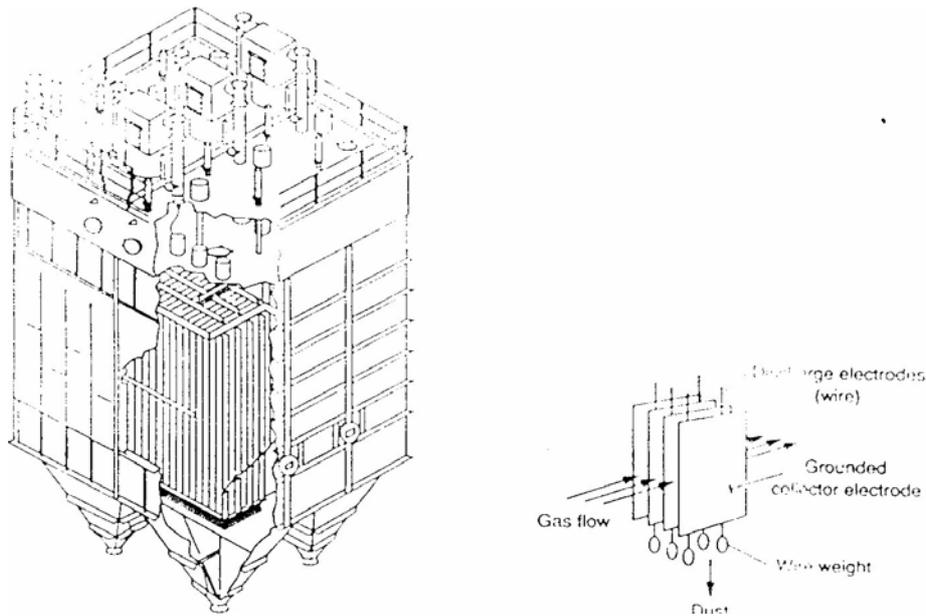
Tekanan = - 600 mmHg, Suhu = 70 °C,
Debit = 25.784,618 kg/j = 19.533,802 m³/j,

Tabel 2. Waktu tinggal terhadap volume dan ukuran elektroda.

Waktu Tinggal (menit)	Volume m ³	Ukuran elektrode (cm) lebar : panjang
1	1,1641	1 120
2	2,3282	75 : 150
3	3,4923	85 : 170
4	4,6564	95 : 190
5	5,8205	100 : 200
6	6,9846	110 : 220

- c. Dari Tabel 2, dipilih sesuai standar yang ada didalam tangki, jenis tangki segi empat tegak, bagian bawah berbentuk kerucut^[2,3,4] ada *collector electrode* (plat) yang dilengkapi dengan kawat (*discharge electrodes*), *collector electrode* lebar 100 cm dan panjang 200 cm, kawat *electrodes* = 0,500 cm dan *Electrostatic High Negative Voltage* = 20.000 s/d 100.000 Volt, dengan waktu tinggal 5 menit dengan volume 5,8205 m³
- d. Skema pengendap debu elektrostatik disajikan pada Gambar 1.
- e. Alat pendukung dari pengendap debu elektrostatik :
 - Electrostatic precipitator, fabric filters, electrostatic gravel bed filter (*particulates control*).
 - *Source separation, combustion controls, flue gas treatment* – NO_x control
 - *Source Separation, wet or dry scrubbing* (SO₂ and acid gas control)
 - *Combustion controls* (CO and O₂)
 - *Source Separation : Combustion controls, particulate control* (ion criteria pollutions controls).
- f. Keterangan

Bila partikel dalam gas diubah menjadi ion-ion, maka dalam medan listrik ion-ion tersebut bergerak ke arah medan. Prinsip operasi berdasarkan pada kemampuan dari ber-



Gambar 1. Alat pengendap debu elektrostatis.

bagai bahan untuk diberi muatan elektrostatis dan pada sifat konduktivitas bahan. Karena perbedaan sifat elektrik dari bahan maka dapat diadakan pemisahan partikelnya.

Mekanisme pengendapan listrik sbb :

1. Produksi dari medan elektrostatis yang menyebabkan partikel debu bermuatan dan berpindah.
2. *Gas retention* yang membiarkan perpindahan partikel-partikel pada permukaan pengendap debu.
3. Pencegahan terkumpulnya debu.
4. Pemungutan partikel-partikel yang terkumpul dari peralatan.

Pada dasarnya dalam pengendapan listrik dianggap bahwa konsentrasi debu kecil. Evaluasi menjadi sangat kurang sempurna bila konsentrasi debu tinggi. Udara atau gas melewati medan elektrostatis yang dihasilkan oleh tegangan tinggi keluar dari dua set elektrode, setelah partikel debu terionisasi, tertarik ke elektrode pengumpul debu.

Perbedaan tegangan yang tinggi akan terjadi loncatan elektron dari kawat ke plat dan

gas berdebu mengalir diantara plat tersebut didalam ruang pengendap. Debu-debu dari gas tersebut ada yang bertumbukan dengan elektron-elektron sehingga debu dan elektron akan bersatu menjadi debu-debu yang bermuatan negatif. Dari debu-debu yang bermuatan negatif kemudian ditarik oleh elektroda sehingga debu-debu menempel padanya. Makin lama debu-debu yang bermuatan negatif kemudian ditarik elektroda sehingga debu-debu menempel padanya. Makin lama debu-debu yang menempel tadi makin banyak dan secara periodik "*dust collector*" tersebut digoncangkan oleh hammer, sehingga debu tersebut jatuh ke hopper yang dipasang dibawah ruang pengendapan. Gas yang bersih keluar melalui tempat pengeluaran gas. Banyak alat pengendap debu yang dipakai untuk keperluan itu, masing-masing alat mempunyai kemampuan sendiri.

Silo

- a. Fungsi : menampung hasil produk samping :
– amonium sulfat – amonium nitrat.
- b. Kondisi operasi : tekanan : 1 atm , suhu :
27 °C (suhu kamar).

c. Perhitungan dari neraca massa^[6] : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 78,5860 \text{ kg/j} + \text{NH}_4\text{NO}_3 13,6108 \text{ kg/j}$.

Jumlah = 92,19108 kg/j; sehingga volumenya.

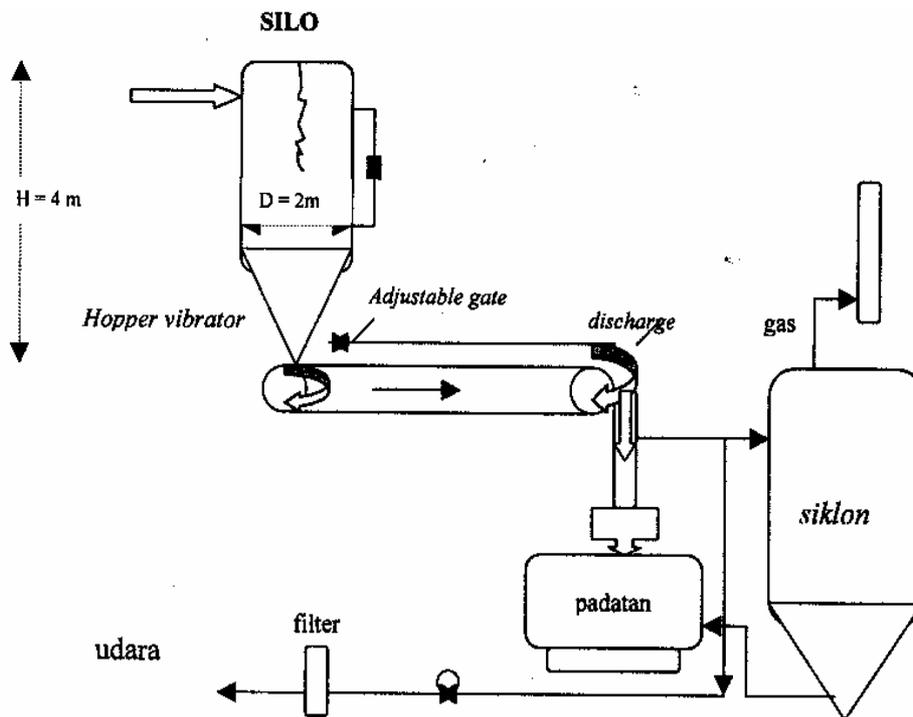
$$\text{Volume} = \frac{\pi}{4} D^2(2D) + \frac{4}{3}(\frac{1}{2}) \frac{\pi}{4}(1/2D)^3 = (1,57 + 0,262) D^3 = 1,832 D^3.$$

d. Pada Tabel 3, dipilih sesuai standar yang ada didalam tangki, jenis tangki silinder tegak bagian bawah berbentuk kerucut terbalik^[2,3,4], bahan carbon steel dengan ukuran spesifikasi teknis standar diameter 175 cm dan tinggi 350 cm dengan volume kurang lebih 10 m³.

e. Gambar : Silo dan alat pendukung :, disajikan pada Gambar 2.

Tabel 3. Waktu tinggal terhadap volume sili, ukuran tangki.

Waktu Tinggal (menit)	Volume Silo (m ³)	Ukuran Spesifikasi Teknis Silo (cm) Diameter : tinggi
2	2,50	110 : 220
4	4,70	140 : 280
6	7,00	160 : 320
8	9,30	175 : 350
10	11,60	185 : 370



Gambar 2. Skema alat silo dan pendukung : hopper vibrator, adjustable gate.

Pengendap Debu Siklon

- a. Fungsi : mengendapkan debu/abu yang ikut dalam gas buangan dengan ukuran diameter partikel ≈ 5 mikron
- b. Mekanisme kerja : udara dan bahan masuk alat tersebut secara tangensial sehingga bergerak secara spiral dalam ruang siklon. Adanya gerak spiral ini timbul gaya *centrifugal* yang akan melempar bahan padat ke dinding dan akhirnya turun ke bawah sedangkan udara keatas.

- c. Kondisi operasi : untuk siklon standar kapasitas siklon sangat ditentukan oleh diameter minimum dari bahan yang terendapkan. Udara berdebu mengalir dengan kecepatan masuk siklon 30,24 m/detik. Diameter partikel minimum 5 mikron dengan densitas 2,7 g/cm³. Partikel berputar dalam siklon sampai ke dasar siklon sebanyak 5 putaran / detik.

$$Dp_{\min} = 5 \mu\text{m} = 5 \times 10^{-4} \text{ cm}; \rho_s = 2,7 \text{ g/cm}^3; \rho_c = 1,79 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$$

$$V_c = 3.000,48 \text{ cm/detik}; \rho_{\text{udara}} = 1,82 \times 10^{-4} \text{ g/cm}^3, \text{ konsentrasi debu} = 12,96 \text{ g/m}^3$$

- d. Rumus dasar perhitungan^[2,3,4]

$$D_{\rho_{\min}} = \left[\frac{9\mu B_c}{\prod N_s V (\rho_s - \rho)} \right]^{0,5}$$

T kamar = 27 °C \rightarrow ρ_0 °C dikonversikan ke ρ_{27} °C

$$\frac{\rho_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{\rho_2 \cdot V_2}{T_2}; \rho_1 = \rho_2$$

maka :

$$\left. \begin{aligned} V_1 / T_1 &= V_2 / T_2, V_1 = 1 / \rho_1 \\ V_1 &= 1 / \rho_1 \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{1 / \rho_1}{T_1} = \frac{1 / \rho_2}{T_2} \rightarrow \frac{\rho_2}{T_1} = \frac{\rho_1}{T_2}$$

$$T = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ }^\circ\text{K}, T = 27 \text{ }^\circ\text{C} = 300 \text{ }^\circ\text{K}, \rho_{300} \text{ }^\circ\text{C} = 1,29 \times 10^{-3} [273/300] = 1,17 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3.$$

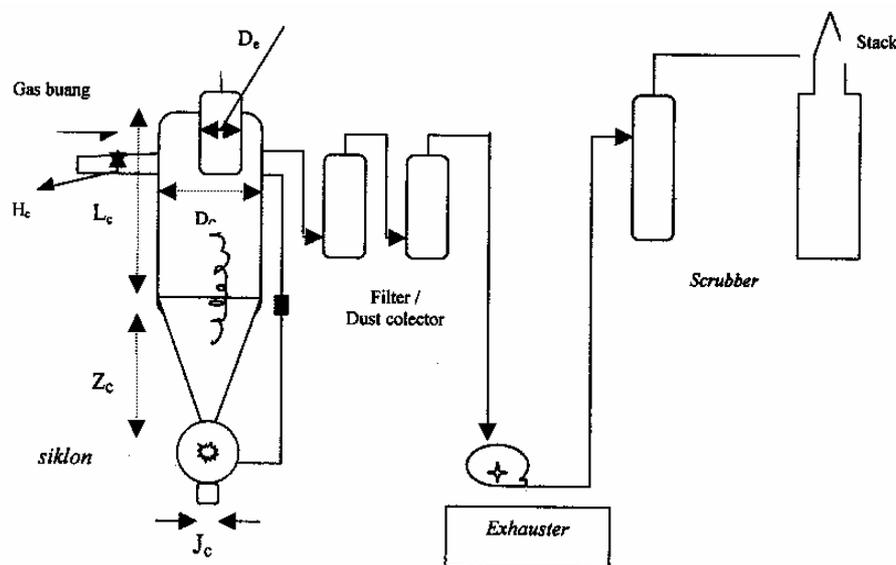
$$Dp_{\min}^2 = \frac{9\mu B_c}{\prod N t V c}$$

$$B_c = \frac{Dp_{\min}^2 \prod N t (\rho_s - \rho) V_c}{9\mu}$$

- e. Dari Tabel 4, dapat dilihat kecepatan aliran masuk siklon sebesar 6.096 m/detik, dengan ukuran siklon 40 cm, cukup membutuhkan satu siklon saja, kalau kecepatan aliran kurang dari kondisi tersebut diatas, maka perlu membutuhkan lebih dari satu siklon, jadi dari segi biaya akan lebih mahal. Jenis: tenaga pemisahan sentrifugal ini sebesar 5 kali gravity (diameter alat yang besar) sampai 2500 kali gravity (gaya berat) pada siklon yang sangat kecil. Lubang masuk siklon biasanya berbentuk segi empat panjang. Siklon cocok untuk memungut zat padat dari gas dengan diameter partikel > 5 mikron (0,0002 inchi). Partikel berdiameter > 200 mikron dapat pula dipungut dengan siklon namun dengan alat "*gravity settling chambers*" lebih baik. Siklon dipakai untuk memungut zat padat dan cairan dari gas, zat padat dari cairan dan dapat dioperasikan pada suhu tinggi 1000 °C dan tekanan 500 atm.
- f. Sifat dalam siklon lintasan mengalami sasaran ganda (*double vortex*) dengan gerakan ke bawah bentuk spiral pada sifat luar dan ke atas pada sisi bagian dalam. Pada pintu masuk dilengkapi dengan "*damper*" alat pengukur kecepatan masuk gas kotor kedalam siklon. Ukuran siklon bermacam-macam tergantung pada pabrik pembuatannya. Diantara siklon yang banyak itu terdapat siklon standar dengan ukuran tertentu. Pressure drop dalam alat itu penting untuk diperhatikan, karena "*friction loss*" yang dinyatakan dalam "*velocity head*", dengan dasar pada daerah masuk siklon. *Velocity head*, dinyatakan dalam inchi udara yang ada hubungannya dengan laju gas masuk rata-rata dan densitas gas.
- g. Gambar Siklon dan alat pendukung, disajikan pada Gambar 3.

Tabel 4. Kecepatan aliran masuk siklon terhadap ukuran siklon, laju volumetrik, kapasitas dan jumlah siklon.

Kecepatan aliran masuk siklon (m/detik)	Ukuran siklon BC (cm)	Laju volumetrik (m ³ /detik)	Kapasitas siklon (g/detik)	Jumlah siklon (buah)
1524	10	0,305	139,770	50
3048	20	2,440	1117,40	6
4172	30	8,230	3768,953	1,90 (2)
6096	40	19,507	8933,241	0,80 (1)
7620	50	38,100	17447,920	0,40
9144	60	65,840	30151,462	0,20



Gambar 3. Siklon dan alat pendukung : filter, exhauster, scrubber, stak.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa ukuran spesifikasi teknis dari alat pengendap debu elektrostatis, silo, pengendap debu siklon sebagai berikut :

1. Spesifikasi teknis alat pengendap debu elektrostatis
 - a. Jenis :

- Tangki segi empat tegak bagian bawah kerucut, dimensi.
- Dalam tangki ada *collector electrode* (plat) panjang = 200 cm dan lebar 100 cm, serta dilengkapi kawat (*discharge electrodes*) = 0,500 cm, waktu tinggal 10 detik.
- *Electrostatic High Negative Voltage* = 200.000- 100.000 V.

- b. Kondisi operasi : tekanan = -600 mmHg dan suhu = 70 °C, bahan : plat *stainless steel*.
- c. Alat kontrol :
1. *Electrostatic precipitator, fabric filters, electrostatic gravel bed filter (particulates control)*.
 2. *Source separation combustion controls, flue gas treatment-NO_x control*
 3. *Source separation, wet or dry scrubbing (SO₂ and gas acid control)*
 4. *Combustion controls (CO and O₂)*
 5. *Source separation : combustion controls, particulate control.*
2. Spesifikasi teknis silo
- b. Jenis : Tangki silinder tegak bagian bawah kerucut terbalik.
 - c. Kapasitas : 9,30 m³, waktu tinggal = 8 menit.
 - d. Bahan Carbon Steel dengan ukuran : diameter 175 cm dan tinggi 350 cm.
 - e. Accessories : *Hopper Vibrator, Adjustable gate, Apron conveyor, Vibrating factor, Excentric.*
3. Spesifikasi teknis alat pengendap debu siklon
- a. Jenis . Silinder tegak bagian bawah kerucut terbalik dan bahan carbon steel.
 - b. Kapasitas siklon 8893,241 g/detik dengan efisiensi 85 %.
 - c. Ukuran : Bc = 40 cm; Hc = 80 cm; Dc = 160 cm; De = 80 cm; Zc = Lc = 320 cm Sc = 20 cm; Jc = 40 cm.
 - d. Laju volumetrik masuk siklon = 19,507 m³/detik; dan konsentrasi debu 12,96 g/m³.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] WISNU ARYA W, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Penerbit Andi Offset, Cetakan Pertama, 1995.
- [2] PERRY, J.H, *Chemical Engineers Handbook*, 6 th edition, Mc. Graw Hill, Kogakusha, Ltd, 1984.
- [3] GUSTAF, A, GAFFENT, Sc, D., *Mechanical Engineer and Partheric*, Mc Graw Hill Book Company, INC, Tokya.
- [4] STANIAR, WILLIAN, M.E, *Plant Engineering Hand Book*, 2 th ed, Mc Graw Hill Book Company, London, 1959.
- [5] ARCADIO, P. SiNCERO & SREGORIA A. SiNCERO, *Environment Engineering A Design Approach*, New Jersey.
- [6] YONGSAN-DONG, YUSEONG-GU, DAEJEON, *Proposal For Electron Beam Flue Gas Treatment System*, May 19, 2005, Korea.

TANYA JAWAB

Kasilani

- Bagaimana cara menangkap gas-gas hasil yang akan dimanfaatkan sebagai bahan pupuk ? (alat yang dipakai).

Prayitno

- Alat yang dipakai untuk menangkap gas hasil tersebut dengan alat penyerap elektrostatis, terdiri dalam tangki ada *colector elektroda* (plat) dengan eletrostatis *High Negative Voltage* = 200 – 150 kV dilengkapi dengan *fabric filley, Elektrostatic Gravel Separation Combustion Control*.

M.H. Nahar

- Perbedaan pengolahan limbah Sox dan Nox dengan Voc dari bahan bakar batu bara dan sampah?

Prayitno

- Perbedaan :
- Sampah bisa dilakukan awal sebelum pembakaran, tetapi juga bisa dilakukan setelah pembakaran berupa gas hasil pembakaran bisa dibuat ke MBE.
 - Limbah gas buang pembakaran batu bara buat *spray cooler* baru dibuat MBE.