

**STUDI SISTEM PEMETERAN GAS (GAS METERING
SYSTEM) ORIFICE METER**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

BENYAMIN SONDI TARIGAN

0610930014-93



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2011

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

STUDI SISTEM PEMETERAN GAS (*GAS METERING SYSTEM*) ORIFICE METER

Oleh :

BENYAMIN SONDI TARIGAN
0610930014-93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
Pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Adi Susilo, M.Si, Ph.D.
NIP. 196312271991031002

Basuki Rekso
NIP. 307 011

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo, M.Si, Ph.D.
NIP. 196312271991031002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Benyamin Sondi Tarigan

NIM : 0610930014-93

Jurusan : Fisika

Penulis Tugas Akhir Berjudul :

**“Studi Sistem Pemeteran Gas (*Gas Metering System*)
Orifice Meter”**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 10 Januari 2011

Yang menyatakan,

(Benyamin Sondi Tarigan)

NIM. 0610930014

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



STUDI SISTEM PEMETERAN GAS (*GAS METERING SYSTEM*) ORIFICE METER

ABSTRAK

Pengukuran laju aliran fluida hidrokarbon dalam eksplorasi energi untuk dikonsumsi masyarakat semakin meningkat. Pengukuran dengan menggunakan instrumen yang baik menjadi sangat penting dan diperlukan dalam pengukuran.

Orifice meter merupakan salah satu instrumen pengukuran laju aliran fluida yang sangat sering digunakan dalam dunia industri gas dan minyak bumi. Biaya pemeliharaan dan pemasangan yang sangat rendah dengan akurasi pengukuran yang sangat baik membuat instrumen ini sangat sering digunakan hingga saat ini. Pengukuran fluida menggunakan orifice meter dengan standar pengukuran *AGA(America Gas Association) Report No.3* sebagai acuan dalam perhitungannya. Dalam proses perhitungan tersebut terdapat faktor-faktor pengukuran dalam perhitungan untuk menentukan konstanta orifice meter. Koefisien *discharge* pada orifice meter yang ditentukan dari kerugian-kerugian gesekan akibat kekasaran bagian dalam pipa dapat ditentukan dalam pengukuran.

Hasil penelitian ini diperoleh pengukuran aliran fluida gas alam PT Kodeco Energy menggunakan orifice meter memiliki konstanta orifice meter yang konstan. Konstanta orifice yang konstan menunjukkan bahwa dalam pengukuran memiliki keakurasian dan kemantapan yang sangat baik. Dalam pengukuran dapat ditunjukkan nilai koefisien *discharge* yang kecil pada masing-masing orifice meter.

Kata kunci : Pengukuran, Orifice Meter, AGA-3, Laju Aliran Fluida, Koefisien *Discharge*

STUDY OF GAS METERING SYSTEM USING ORIFICE METER

ABSTRACT

Flow measurement of hidrokarbon fluid exploration energy to be consumed by society progressly mount . In measurement by using good instrument become important and very needed.

Orifice meter represent one of flow measurement instrument is often used in world of petroleum and gas industry. Maintenance cost and low installation with very good measurement accuration make this instrument is often used till in this time. Measurement use orifice meter cover standard measurement of *AGA(America Gas Association) Report No.3* as refrence in its calculation. In the calculation process there are measurement factor to determine orifice meter konstanta. Coefficient of discharge can be determined by orifice meter of loss friction effect from crudity pipe interior in measurement.

The result of research is obtained flow measurement of natural gas fluid at PT Kodeco Energy using orifice meter have constant of orifice meter konstanta. Constant of orifice meter konstanta indicate that in measurement have very good stability and accuration. In measurement can be shown cofficient value of discharge small at each orifice meter.

Keywords : Measurement, Orifice Meter, AGA-3, Flow Measurement Fluids, Coefficient of Discharge

KATA PENGANTAR

Syallom, puji Tuhan kepada Yesus Kristus karena atas anugrah—Nya maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Sistem Pemeteran Gas (*Gas Metering System*) Orifice Meter“ dengan sebaik-baiknya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi syarat menyelesaikan program pendidikan Sarjana pada Jurusan Fisika Universitas Brawijaya. Penyelesaian Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si, PhD selaku Pembimbing I dan ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya, terima kasih atas bimbingan, saran dan masukannya.
2. Bapak Basuki Rekso selaku pembimbing II, terima kasih atas waktu, bimbingan, dan bantuannya selama penulis melakukan penelitian Tugas Akhir.
3. Bapak-bapak dan staf kantor PT Kodeco Energy., Ltd, terima kasih atas informasi, bantuan dan bimbingannya kepada penulis selama melakukan penelitian di Onshore Receiving Facility(ORF).
4. Bapak dan ibu dosen staf pengajar, laboran, dan karyawan Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.
5. Segenap dosen Fakultas MIPA khususnya Jurusan Fisika yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya.
6. Seluruh karyawan Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA yang sangat membantu dalam berbagai urusan administrasi.
7. Keluargaku, Orang tua dan adik-adikku yang telah memberi semangat dan motivasi selama pengerjaan skripsi.
8. Teman-teman Jurusan Fisika Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2006, terima kasih atas kebersamaan dan kekompakan selama ini, semoga terus terjalin.
9. Sahabat dan teman-teman lama yang selalu memberikan semangat dan dukungan jarak jauh.

10. Semua pihak yang telah membantu selama penelitian hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Kritik dan saran demi penyempurnaan Tugas Akhir ini sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 2 Januari 2011

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL -----	i
LEMBAR PENGESAHAN -----	iii
LEMBAR PERNYATAAN -----	v
ABSTRAK -----	vii
ABSTRACT -----	viii
KATA PENGANTAR -----	ix
DAFTAR ISI -----	xi
DAFTAR TABEL -----	xiv
DAFTAR GAMBAR -----	xv
DAFTAR GRAFIK -----	xvi
DAFTAR LAMPIRAN -----	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang -----	1
1.2. Rumusan Masalah -----	2
1.3. Batasan Masalah -----	2
1.4. Tujuan Penelitian -----	2
1.5. Manfaat Penelitian -----	3
BAB II TINJAUAN PUSTAA	
2.1. Pengukuran Aliran -----	5
2.1.1. Metode Langsung -----	5
2.1.2. Metode Pembatasan -----	6
2.1.3. Metode Linear -----	7
2.1.4. Metode Pembagian -----	8
2.2. Orifice Meter -----	9
2.2.1. Bagian Utama Orifice Meter -----	10
2.2.2. Bidang Orifice -----	11
2.2.3 Diameter Lubang Bidang Orifice -----	11
2.3. Pengukuran Tekanan -----	11
2.3.1. Pengukur Lubang Ketukan -----	11
2.3.2. Flange Taps -----	12
2.3.3. Pengukur Beda Tekanan -----	12
2.4. Pengukur Temperatur -----	13
2.5. Rata-rata Kekasaran -----	13

2.6. Spesifikasi Bidang Orifice -----	14
2.6.1 Sisi Bidang Orifice -----	14
2.6.2 Tepi Bidang Orifice -----	14
2.6.3 Diameter Lubang Bidang Orifice-----	15
2.6.4 Ketebalan Bidang dalam Orifice -----	15
2.6.5 Ketebalan Bidang Orifice -----	16
2.7 Sifat Fisika pada Fluida -----	17
2.7.1 Densitas -----	17
2.7.2 Viskositas Absolut -----	18
2.7.3 Kemampuan Pemampatan -----	18
2.7.4 Ekspansi Isentropis -----	18
2.8 Kondisi Dasar -----	18
2.9 AGA Report No.3 -----	19
2.10 Penerapan Fluida -----	20
2.10.1 Bagian Pengukuran -----	21
2.10.2 Ketidakpastian Pengukuran -----	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian -----	23
3.2. Data Penelitian -----	23
3.3. Alat Penelitian -----	24
3.3.1. Orifice Meter PKG -----	24
3.3.2. Orifice Meter PJB -----	24
3.3.3. Orifice Meter MKS -----	24
3.3.4. Orifice meter PGN -----	24
3.4 Pengolahan Data -----	25
3.5 AGA Report No. 3 Software -----	26
3.6 Diagram alir Pengolahan Data -----	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Faktor Aliran Orifice -----	29
4.2. Faktor Tekanan Dasar -----	30
4.3 Faktor Temperatur Dasar -----	30
4.4 Faktor Spesifik Gravitasi -----	30
4.5 Faktor Temperatur Aliran -----	31
4.6 Faktor Bilangan Reynold's -----	32
4.6 Faktor Ekspansi -----	32
4.7 Faktor Supercompressibility -----	33

4.9	Konstanta Orifice Meter -----	34
4.10	Koefisien Discharge -----	36
4.11	Laju Aliran Fluida -----	37
4.11.1	Laju Aliran Fluida pada PKG -----	37
4.11.2	Laju Aliran Fluida pada PJB -----	40
4.11.3	Laju Aliran Fluida pada PGN -----	44
4.11.4	Laju Aliran Fluida pada MKS -----	47
4.12	Kapasitas Total Aliran Fluida(Gas Alam) -----	50

BAB V PENUTUP

5.1.	Kesimpulan -----	53
5.2.	Saran-----	53

DAFTAR PUSTAKA ----- 55

LAMPIRAN-LAMPIRAN ----- 57



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Toleransi Kekasaran pada Bidang Orifice -----	13
Tabel 2.2 Koefisien Linear Material-----	15
Tabel 2.3 Batas Maksimum Ketebalan dan Tekanan Bidang Orifice -----	17
Tabel 3.1 Spesifikasi Orifice Meter milik PKG -----	24
Tabel 3.2 Spesifikasi Orifice Meter milik PJB -----	24
Tabel 3.3 Spesifikasi Orifice Meter milik MKS -----	24
Tabel 3.4 Spesifikasi Orifice Meter milik PGN -----	24
Tabel 4.1 Faktor Aliran Orifice pada PKG-----	29
Tabel 4.2 Faktor Aliran Orifice pada PJB -----	29
Tabel 4.3 Faktor Aliran Orifice pada PGN-----	29
Tabel 4.4 Faktor Aliran Orifice pada MKS-----	30
Tabel 4.5 Faktor Temperatur Aliran pada PKG -----	31
Tabel 4.6 Faktor Temperatur Aliran pada PJB -----	31
Tabel 4.7 Faktor Temperatur Aliran pada PGN -----	31
Tabel 4.8 Faktor Temperatur Aliran pada MKS -----	32
Tabel 4.9 Faktor Ekspansi pada PKG -----	33
Tabel 4.10 Konstanta Orifice Meter pada PKG -----	34
Tabel 4.11 Konstanta Orifice Meter pada PJB -----	35
Tabel 4.12 Konstanta Orifice Meter pada PGN -----	35
Tabel 4.13 Konstanta Orifice Meter pada MKS -----	35
Tabel 4.14 Koefisien <i>Discharge</i> Orifice Meter-----	36
Tabel 4.15 Kapasitas Aliran Fluida(Gas Alam) -----	51
Tabel 4.16 Total Laju Aliran Fluida Gas -----	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Aliran Fluida pada Saluran yang mengecil --- 6
Gambar 2.2	Orifice Meter dua Dimensi----- 10
Gambar 2.3	Tipe-tipe Bidang Orifice----- 10
Gambar 2.4	Dimensi Bagian Utama Bidang Orifice ----- 11
Gambar 2.5	Posisi Ketukan untuk Pengukur Tekanan ---- 12
Gambar 2.6	Perhitungan Penyimpangan Ketegakan sisi Bidang Orifice ----- 14
Gambar 2.7	Spesifikasi Bidang Orifice dan Bagian-bagiannya ----- 16
Gambar 2.8	Skema Orifice Meter ----- 21
Gambar 3.1	Barton Flow Chart Recorder----- 23
Gambar 3.2	Orifice Meter Senior ----- 25
Gambar 3.3	AGA-3 Software----- 26



DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4. 1	Laju Aliran Fluida secara Aktual terhadap waktu PKG-A ----- 37
Grafik 4.2	Laju Aliran Fluida secara AGA-3 terhadap waktu PKG-A ----- 38
Grafik 4.3	Laju Aliran Fluida secara Aktual terhadap waktu PKG-B ----- 39
Grafik 4.4	Laju Aliran Fluida secara AGA-3 terhadap waktu PKG-B ----- 40
Grafik 4.5	Laju Aliran Fluida secara Aktual terhadap waktu PJB-A ----- 41
Grafik 4.6	Laju Aliran Fluida secara AGA-3 terhadap waktu PJB-A ----- 42
Grafik 4.7	Laju Aliran Fluida secara Aktual terhadap waktu PJB-B ----- 43
Grafik 4.8	Laju Aliran Fluida secara AGA-3 terhadap waktu PJB-B ----- 43
Grafik 4.9	Laju Aliran Fluida secara Aktual terhadap waktu PGN-A ----- 45
Grafik 4.10	Laju Aliran Fluida secara AGA-3 terhadap waktu PGN-A ----- 45
Grafik 4.11	Laju Aliran Fluida secara Aktual terhadap waktu PGN-B ----- 46
Grafik 4.12	Laju Aliran Fluida secara AGA-3 terhadap waktu PGN-B ----- 47
Grafik 4.13	Laju Aliran Fluida secara Aktual terhadap waktu MKS-A ----- 48
Grafik 4.14	Laju Aliran Fluida secara AGA-3 terhadap waktu MKS-A ----- 48
Grafik 4.15	Laju Aliran Fluida secara Aktual terhadap waktu MKS-B ----- 49
Grafik 4.16	Laju Aliran Fluida secara AGA-3 terhadap waktu MKS-B ----- 50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Contoh pemrosesan data awal – akhir pada MKS-A ----- 57
Lampiran 2	Contoh Perhitungan 2 Januari 2010 MKS-A ----- 59
Lampiran 3	Contoh Perhitungan 3 Januari 2010 MKS-A ----- 65
Lampiran 4	Contoh Perhitungan 4 Januari 2010 MKS-A ----- 67
Lampiran 5	Contoh pemrosesan data awal – akhir pada PGN-A ----- 77
Lampiran 6	Contoh Perhitungan 2 Januari 2010 PGN-A ----- 79
Lampiran 7	Contoh Perhitungan 3 Januari 2010 PGN-A ----- 85
Lampiran 8	Contoh Perhitungan 4 Januari 2010 PGN-A ----- 91
Lampiran 9	Contoh Pemrosesan data awal-akhir Pada PJB-A ----- 97
Lampiran 10	Contoh Perhitungan 2 Januari 2010 PJB-A ----- 99
Lampiran 11	Contoh Perhitungan 3 Januari 2010 PJB-A ----- 105
Lampiran 12	Contoh Perhitungan 4 Januari 2010 PJB-A ----- 111
Lampiran 13	Contoh Pemrosesan data awal-akhir Pada PKG-A ----- 117
Lampiran 14	Contoh Perhitungan 2 Januari 2010 PGN-A ----- 119
Lampiran 15	Contoh Perhitungan 3 Januari 2010 PGN-A ----- 125
Lampiran 16	Contoh Perhitungan 4 Januari 2010 PGN-A ----- 131

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kebutuhan energi yang semakin meningkat membutuhkan suatu instrumen pengukuran yang tepat guna mendayagunakan energi tersebut. Instrumen pengukuran yang sangat baik diperlukan dalam pengukuran suatu energi. Hingga saat ini masih dikembangkan suatu instrumen yang dapat mengukur besar suatu energi hidrokarbon supaya mendekati nilai pengukuran absolut. Pengukuran absolut merupakan pengukuran mendekati nilai sebenarnya dengan tingkat ketelitian tinggi dan ketidakpastian rendah. Dalam fisika pengukuran dapat menggunakan berbagai instrumen yang mengaplikasikan besaran-besaran fisis dalam pengukurannya. Orifice meter merupakan salah satu instrumen pengukuran dengan menggunakan prinsip perbedaan tekanan sebagai besaran fisis dalam perhitungannya.

Pada dunia industri migas (minyak bumi dan gas alam) saat ini penggunaan sistem pemeteran gas telah digunakan untuk proses pengukuran aliran fluida khususnya gas alam. Orifice *metering* adalah salah satu instrumen yang umum digunakan dalam teknologi sistem pemeteran gas pada dunia produksi industri gas dan minyak bumi. Biaya pemasangan yang sederhana dan biaya pemeliharaan yang rendah serta ketidakpastian pengukuran yang rendah dalam proses pengukuran merupakan keunggulan dari instrumen ini.

Orifice meter merupakan salah satu instrumen *flowmeter* yang berbasis beda tekanan (*pressure differensial*) banyak digunakan karena cara pengukurannya yang sederhana. Selain itu orifice meter sangat sering digunakan karena memiliki biaya pemasangan dan pemeliharaan yang rendah. Bahkan untuk saat ini orifice meter dapat digunakan dalam proses pengukuran walaupun fluida dalam pipa tetap mengalir ketika penggantian bidang orifice. Sebelumnya proses pengukuran mengharuskan aliran fluida dalam pipa tidak mengalir ketika bidang orifice tersebut harus diganti. Akan tetapi penelitian yang terbaru masih dalam pengembangan untuk mengetahui perubahan *discharge coefficient* (C_d) yang diakibatkan variasi

dimensi geografis seperti rasio diameter, panjang pipa, posisi *pressure tap* dan ketebalan orifice.

Dalam penelitian ini membahas besar laju aliran fluida gas alam untuk didistribusikan ke konsumen. Prinsip perbedaan tekanan dalam orifice meter digunakan sebagai parameter utama untuk menghitung pembagian distribusi laju aliran fluida gas alam tersebut. Hasil penelitian ini dapat mengetahui nilai akurasi dan stabilitas pengukuran menggunakan orifice meter.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana menentukan konstanta suatu orifice meter melalui *AGA-3* dari pembacaan *barton flow chart recorder*?
2. Bagaimana menentukan koefisien *discharge* orifice meter terhadap standar perhitungan *AGA-3*?
3. Bagaimana menentukan jumlah aliran produksi gas ke konsumen dengan menggunakan *AGA-3*?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, pembahasan di titik beratkan pada gas metering sistem menggunakan orifice meter untuk pengukuran aliran gas alam ke konsumen; PGN, PJB, PKG dan MKS.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan konstanta suatu orifice meter melalui *AGA-3* dan pembacaan *barton flow chart recorder*.
2. Menentukan jumlah aliran produksi gas ke konsumen dengan menggunakan *AGA-3*.
3. Menentukan nilai koefisien *discharge* orifice meter terhadap standar perhitungan *AGA-3*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tentang jumlah aliran gas alam yang didistribusikan ke konsumen dan mengetahui kelayakan orifice meter untuk pengukuran aliran gas alam kedepannya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengukuran Aliran Fluida

Pengukuran aliran adalah pengukuran kapasitas aliran atau laju aliran massa atau laju aliran volume aliran. Ditinjau dari jenis saluran aliran fluida, yaitu aliran saluran tertutup dan aliran saluran terbuka, maka alat pengukuran aliran secara umum juga akan diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu pengukuran aliran terbuka dan pengukuran aliran tertutup.

Pemilihan alat ukur aliran tergantung pada ketelitian, kemampuan pengukuran, harga, kemudahan pembacaan, kesederhanaan dan keawetan alat ukur tersebut. Adapun persamaan dasar yang dipergunakan dalam menganalisa pengukuran aliran adalah persamaan kontinuitas, persamaan Bernoulli dan perhitungan *head loss* aliran. Pengukuran aliran internal dapat dilakukan dengan empat metode yaitu :

1. Metode langsung
2. Metode pembatasan seperti nosel, venturi, orifice, elemen aliran laminer,
3. Metode linier; seperti float meter, rotameter, turbin *flowmeter*, vortex *flowmeter*, elektromagnetik *flowmeter*, magnetik *flowmeter* dan ultrasonik
4. Metode pembagian (pitot *tube*, anemometer).

2.1.1 Metode Langsung

Metode langsung pengukuran aliran dapat dilakukan dengan mengukur volume atau massa fluida dalam selang waktu tertentu. Pada selang waktu yang lama dan diukur secara tepat, serta pengukuran volume atau massa diukur secara tepat, maka pengukuran ini tidak memerlukan kalibrasi. Pengukuran laju aliran volume atau massa dengan metode langsung ini cukup teliti. Akan tetapi apabila fluida yang diukur adalah gas, maka efek kompresibilitasnya harus diperhitungkan.

Persamaannya adalah :

$$m = \rho v A = \rho (\Delta V/\Delta t) \quad (2.1)$$

dimana :

m : laju massa aliran

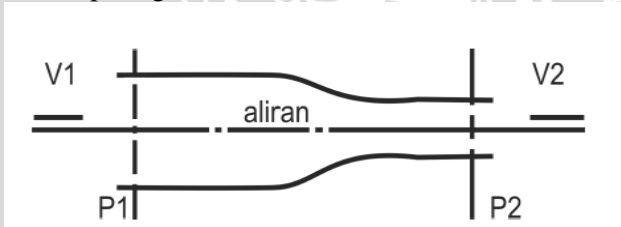
$(\Delta V/\Delta t)$: perubahan volume/perubahan waktu

v : kecepatan aliran fluida

2.1.2 Metode Pembatasan

Metode pembatasan ini mengukur perbedaan tekanan diantara dua penampang aliran yang sebanding dengan laju aliran. Perhitungan laju aliran teoritis dapat dilakukan berdasarkan hukum kontinuitas dan persamaan Bernoulli. Kapasitas aliran sebenarnya dapat ditentukan dengan memperhitungkan faktor koreksi dari masing-masing alat ukur yang ditentukan secara empiris.

Alat ukur metode tak langsung dengan pembatasan ini dianalisa pada penampang satu yaitu sebelum masuk alat ukur, dan penampang dua yaitu tepat di daerah alat ukur yang biasanya menimbulkan *vena kontrakta*. *Vena kontrakta* adalah daerah setelah pengecilan penampang aliran. Pada daerah ini kapasitas aliran minimum dan tekanan aliran pada penampang tersebut seragam. Secara umum kondisi garis arus (*stream line*) aliran dapat digambarkan seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1 Aliran fluida pada saluran yang mengecil

Persamaan kontinuitas dari penampang satu ke penampang dua adalah

$$m_1 = m_2 ; \quad \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \quad (2.2)$$

untuk aliran tak mampu mampat maka ρ adalah tetap sehingga :

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (2.3)$$

Sedangkan menurut persamaan Bernoulli antara penampang satu dan penampang dua, $v_1 = U_1$ dan $v_2 = U_2$. Kemudian dari persamaan kontinuitas, didapatkan $U_1 \cdot A_1 = U_2 \cdot A_2$ sehingga;

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho_1 U_1^2 + \rho_1 g z_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho_2 U_2^2 + \rho_2 g z_2 \quad (2.4)$$

Persamaan 2.4. adalah persamaan umum hubungan antara laju aliran massa dengan penurunan tekanan pada alat ukur tidak langsung. Dengan kondisi penampang yang berbeda, maka karakteristik aliran juga berbeda sehingga dibutuhkan faktor koreksi untuk angka *Reynold's* dan perbandingan diameter dari alat ukur, yakni koefisien *discharge*.

Beberapa alat untuk mengukur kapasitas aliran dengan metode pembatasan adalah

1. Orifice: plat tipis yang diflens antara dua buah *flens* pipa. Bentuknya sederhana, sehingga harganya murah dan mudah untuk dipasang. Kekurangan dari orifice adalah kerugian *head*-nya tinggi dan kapasitas pengukuran rendah
2. Nosel : pemakaian nosel sebagai alat ukur kapasitas dapat dipasang pada instalasi pipa, maupun pada plenum.
3. Venturi : dibuat langsung dengan pengecoran dan dihaluskan untuk memperoleh ketentuan sesuai standar. Harganya mahal karena berat dan kapasitas pengukurannya juga tinggi, serta kerugian *head*-nya rendah.
4. Elemen Aliran Laminer : Alat ini mempunyai bagian pengukuran yang dibagi dalam beberapa bagian yang diameternya cukup kecil untuk menjamin alirannya laminer penuh (*fully developed*).

Alat ini juga akan dipengaruhi oleh suhu karena tergantung kepada viskositas. Harganya hampir sama dengan venturi, namun elemen aliran laminer lebih kecil dan lebih ringan.

2.1.3 Metode Linear

Alat ukur aliran yang hasilnya langsung proporsional dengan laju aliran antara lain : float meter, turbin *flowmeter*, vortex *flow meter*, elektromagnetik *flowmeter*, magnetik *flowmeter*, ultrasonik *flowmeter*.

Float meter atau rotameter memiliki bagian yang terapung dengan bentuk bola atau kerucut. Bagian ini akan bergerak ke atas atau ke bawah akibat gaya dari aliran fluida, sampai tercapai keseimbangan antara gaya.

Turbin *flowmeter* mempunyai sudut gerak yang dapat bergerak dengan bebas sehingga laju rotasinya sebanding dengan laju aliran volume aliran. Kecepatan rotasinya direspon oleh sensor magnetik ataupun sensor frekuensi modulasi yang dipasang diluar medan aliran. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur aliran fluida yang korosif dan yang beracun.

2.1.4 Metode Pembagian

Teknik pembagian aliran pada penampang tetap digunakan pada pengukuran aliran ataupun instalasi fluida pada industri, dimana tidak mudah untuk memasang peralatan seperti nosel, venturi dan lain-lain alat ukur yang terpasang tetap. Kecepatan aliran diukur tepat di pusat penampang dengan *pitot tube* ataupun anemometer. Tabung pitot dapat dipergunakan untuk mengukur tekanan statik dan tekanan stagnasi dari fluida, dengan mengetahui kapasitas aliran yang diberikan.

Sebaliknya dengan mengetahui perbedaan tekanan statis dan tekanan *stagnasi*, maka tekanan dinamis dapat ditentukan dan pada akhirnya tekanan dinamis fluida dapat dinyatakan dalam kecepatan fluida. Kapasitas aliran tiap bagian penampang adalah perkalian kecepatan dengan luas penampang. Kapasitas total adalah jumlah kapasitas tiap bagian.

Tabung pitot yang dipasang didalam pipa berupa silinder kecil dapat juga dipergunakan untuk menentukan arah aliran dengan sangat peka. Silinder pitot ini dipakai dipesawat terbang untuk menunjukkan laju naik turun pesawat. Selain itu silinder pitot juga dipasang dalam pipa untuk mendeteksi aliran-aliran spiral.

Pemakaian pitot *tube* mengharuskan adanya penetrasi ke dalam aliran sehingga hasilnya akan tidak akurat apabila responnya terlalu lambat atau timbulnya pergeseran garis arus (*streamline*) aliran. Pemakaian thermal anemometer atau anemometer laser doppler dapat mengatasi hal tersebut. Thermal anemometer menggunakan elemen yang kecil yang dipanaskan dengan arus listrik. Perbedaan laju aliran panas dikalibrasikan untuk menyesuaikan dengan perubahan kecepatan aliran. Karena ukuran elemen yg sangat kecil, yaitu diameternya 0,002 mm dan panjangnya 0,1 mm maka respon dari fluktuasi aliran sangat cepat bahkan sampai mencapai 50 kHz . Maka dari itu sangat tepat untuk aplikasi

pada aliran turbulen. Alat ini banyak dipergunakan untuk riset dan sinyal yg dihasilkan diolah dengan prosesor digital ataupun *transformasi fourier*.

Laser doppler anemometer bekerja berdasarkan efek doppler dimana frekuensi dari sinar laser akan tergeser akibat perubahan kecepatan aliran. Karena pengukuran kecepatan langsung dapat dihitung, tanpa kalibrasi sinyal juga tidak terpengaruh oleh perubahan suhu, massa jenis ataupun komposisi fluida pada aliran. Kekurangan dari alat ini adalah peralatan optik yang harus dipakai mahal dan mudah pecah.

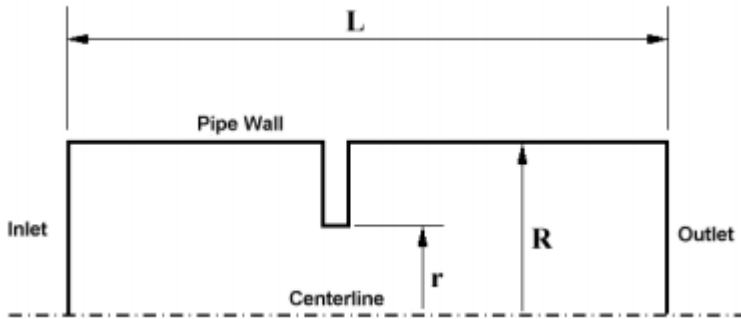
Hot wire anemometer memanfaatkan efek pendinginan konveksi pada sebuah silinder yang sengaja dipanaskan dan dipasang tegak lurus terhadap aliran fluida. Pendinginan merupakan fungsi suhu fluida, suhu kawat dan kecepatan fluida. Kawat dengan diameter antara 0,01 - 0,1 mm dan panjang sekitar 1,5 mm dipasang pada ujung sepasang garpu pada suatu aliran fluida. Dua metode pengukuran yang digunakan adalah :

1. Hambatan kawat dijaga tetap dengan mengatur aliran arus yang melewati dan kecepatan fluida ditentukan dari pengukuran arus menggunakan instrumen yang telah dikalibrasi.
2. Aliran arus melewati kawat dijaga tetap dan perubahan hambatan kawat akibat pendinginan konveksi diukur menurut penurunan tegangan antara ujung-ujungnya. Fluktuasi kecepatan dideteksi dengan rangkaian elektronik yang dirancang untuk keperluan ini.

Anemometer kawat panas ini umumnya dipergunakan untuk mengukur profil kecepatan yang gradien kecepatannya besar, juga untuk mengukur intensitas turbulensi aliran gas. (Bruce Munson R, 2006)

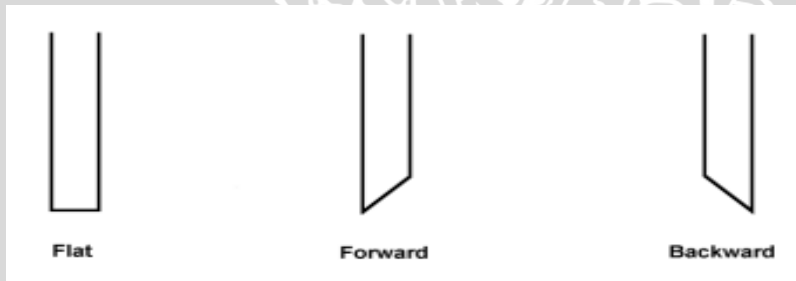
2.2 Orifice Meter

Orifice meter merupakan salah satu instrumen pengukur laju aliran fluida dengan menggunakan prinsip perbedaan tekanan (*diffrensial pressure*). Prinsip perbedaan tekanan digunakan untuk mengukur laju aliran fluida dengan menggunakan persamaan Bernoulli. Gambar 2.1 menunjukkan bidang orifice dalam dua dimensi.



Gambar 2.2 Orifice meter dua dimensi

Rasio diameter ($d/R=\beta$) didefinisikan sebagai perbandingan antara diameter Orifice dan diameter pipa dalam (*in-let*). Ketebalan bidang orifice diukur berdasarkan 0.0625 dari jari-jari pipa (0.0625 R). Tipe pemasangan bidang orifice terdiri dari *flat*, *forward* dan *backward*. Gambar 2.3 menunjukkan tipe-tipe pemasangan bidang orifice.



Gambar 2.3 Tipe-tipe bidang orifice

Pada pemasangan tipe *forward* dan *backward* bidang orifice mempunyai takik dengan kemiringan 45°

2.2.1 Bagian Utama Orifice Meter

Bagian utama Orifice Meter merupakan bidang orifice (*orifice plat*) yang terdiri dari tabung ketukan pengukur perbedaan tekanan (*differential pressure sensing taps*), tabung meter dan pengatur aliran jika digunakan.

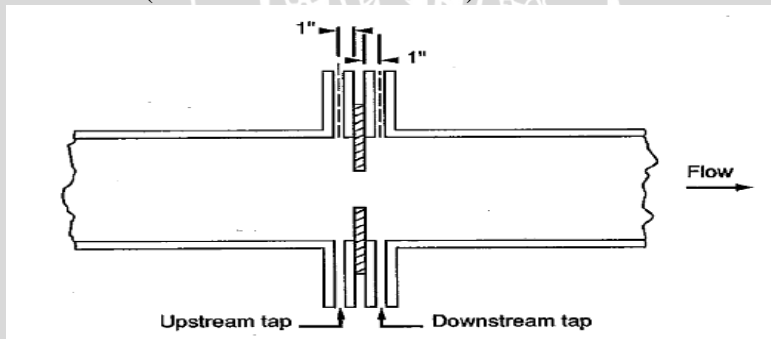
2.2.3 Bidang Orifice

Bidang Orifice merupakan bidang tipis yang memiliki bagian takik (*square-edge*) pada lubang pusat dan memiliki nomer identitas pemasangan (*meter tube- ID*).

2.2.4 Diameter Lubang Bidang Orifice

Diameter lubang bidang orifice (d_m) pada gambar 2.4 memiliki bagian awal/sebelum bidang di hitung berdasarkan besar temperatur aliran (T_f). Perhitungan diameter lubang bidang orifice (d_m) memakai persamaan aliran untuk menentukan rata-rata laju aliran. Sedangkan untuk mengukur diameter lubang dalam bidang orifice yang menerima aliran fluida dihitung berdasarkan temperatur bidang orifice.

Sementara untuk diameter lubang bidang referensi orifice diukur berdasarkan besar referensi temperatur sesuai dengan nilai standar AGA (*American Gas Association*).



Gambar 2.4 Dimensi bagian utama bidang orifice

2.3 Pengukuran Tekanan

2.3.1 Pengukur Lubang Ketukan

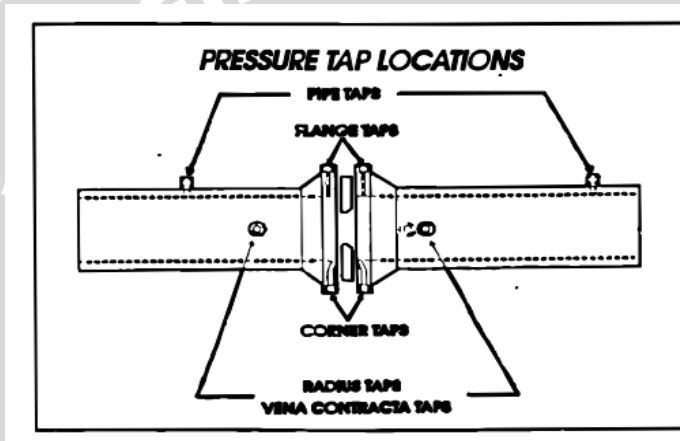
Daerah lubang ketukan merupakan lubang ketukan yang terdapat secara radial pada dinding pipa sampai bidang orifice (*orifice plat*) dan tegak lurus terhadap sumbu garis utama pipa.

2.3.2 Flange Taps

Flange taps terletak pada beberapa bagian :

1. Daerah pipa tekanan tinggi (*upstream*) diletakkan satu inci dari bidang orifice.
2. Daerah pipa tekanan rendah (*downstream*) diletakkan satu inci dari bidang orifice.

Daerah ketukan harus mempunyai posisi radial yang sama baik untuk daerah pipa tekanan tinggi atau pipa tekanan rendah. Gambar 2.5 menunjukkan posisi ketukan untuk pengukur tekanan.



Gambar 2.5 Posisi ketukan untuk pengukur tekanan

2.3.3 Pengukur Beda Tekanan

Pengukuran perbedaan tekanan merupakan perhitungan berdasarkan perbedaan tekanan statis pada daerah *upstream* dan *downstream* (ΔP). Sedangkan perbedaan tekanan rata-rata (ΔP_{avg}) merupakan rata-rata perbedaan tekanan dalam waktu tertentu pada daerah *upstream* dan *downstream*. Perbedaan tekanan instan (ΔP_t) merupakan perbedaan tekanan dengan satu pengukuran dalam waktu yang cepat atau instan.

2.4 Pengukuran Temperatur

Temperatur yang diukur adalah temperatur statis pada fluida yang mengalir dalam sistem atau pipa. Dalam pengukuran, peralatan atau sensor diletakkan didalam pipa untuk mengetahui langsung temperatur fluida. Akan tetapi jika kecepatan aliran fluida lebih besar 25% dari kecepatan bunyi akan menyebabkan efek dinamik yang mempengaruhi faktor koreksi terhadap temperatur. Sehingga dalam pengukuran, sensor tidak diletakkan pada pipa melainkan di dalam aliran pipa untuk memastikan tidak terjadinya efek dinamik. Hal ini sudah menjadi standar dalam pemasangan sensor atau peralatan temperatur dalam orifice meter.

2.5 Rata-rata Kekasaran (*Average Roughness*)

Rata-rata kekasaran (R_a) digunakan sebagai standar sesuai ANSI (*American National Standar*). Perhitungan rata-rata merupakan besaran absolut yang dihitung mulai penyimpangan ketinggian dari panjangnya dan permukaan grafis sumbu garis utama.

Tabel 2.1 Toleransi kekasaran pada bidang orifice

—Roundness Tolerance for Orifice Plate Bore Diameter, d_m

Office Bore Diameter, d_m (inches)	Tolerance (\pm inches)
$\leq 0.250^a$	0.0003
0.251 – 0.375 ^a	0.0004
0.376 – 0.500 ^a	0.0005
0.501 – 0.625	0.0005
0.626 – 0.750	0.0005
0.751 – 0.875	0.0005
0.876 – 1.000	0.0005
>1.000	0.0005 inch per inch of diameter

Note: ^aUse of diameters below 0.45 inch is not prohibited, but may result in uncertainties greater than those specified in Chapter 14, Section 3, Part 1.

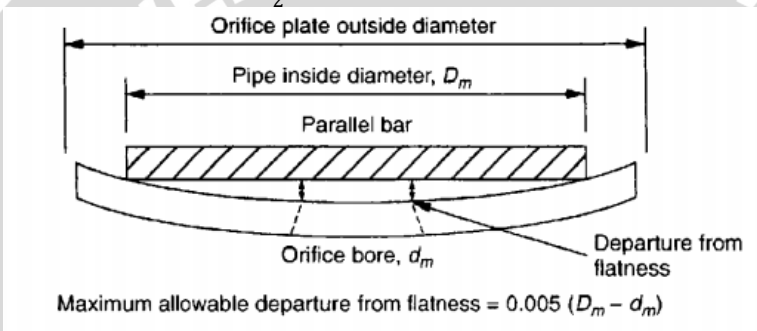
(International Organization of Standards, 2003)

2.6 Spesifikasi Bidang Orifice

2.6.1 Sisi Bidang Orifice

Sisi bidang orifice untuk pipa pada kondisi *upstream* dan *downstream* harus tegak. Penyimpangan ketegakkan pada sisi bidang orifice harus kurang atau sama dengan 1% dari ketinggiannya tanpa pengaruh aliran fluida. Penyimpangan ini dapat dihitung menggunakan

$$0.01 \frac{(D_m - d_m)}{2} \quad (2.5)$$



Gambar 2.6 Perhitungan penyimpangan ketegakkan sisi bidang orifice

Kekasaran permukaan sisi bidang Orifice meter baik untuk *upstream* dan *downstream* harus tidak memiliki pengausan atau lecet dan bebas dari noda yang dapat terlihat oleh mata telanjang (lebih besar dari 50 *mikroinch* R_a). Sehingga permukaan orifice harus bersih dan bebas dari kotoran, pelumas, minyak, cairan atau *liquid* dan material lainya yang terlihat.

2.6.2 Tepi Bidang Orifice (*Orifice Plate Bore Edge*)

Pada *upstream* bagian tepi bidang orifice bentuk siku dan tajam. Bagian tepi bidang yang lainnya didesain tumpul untuk meningkatkan akurasi pengukuran laju aliran fluida. Bagian tepi *upstream* dan *downstream* harus bersih atau bebas dari cacat yang dapat terlihat oleh mata seperti bintang atau noda, texture yang buruk, kasar dan pembengkakan. Jika terdapat cacad seperti diatas maka bidang orifice harus diganti.

2.6.3 Diameter Lubang Bidang Orifice

Diameter lubang bidang orifice d_m didefinisikan sebagai diameter lubang yang dilalui aliran dan dapat dihitung menggunakan persamaan;

$$d_m = d_r [1 + \alpha_1 (T_f - T_r)] \quad (2.6)$$

d_m diameter lubang bidang orifice, d_r diameter referensi lubang bidang orifice pada temperatur referensi (T_r), α_1 koefisien linear dari perkembangan temperatur untuk material bidang orifice, T_f temperatur aliran fluida dan T_r temperatur referensi pada diameter lubang bidang orifice.

Catatan untuk α_1 , T_r , dan T_f mempunyai satuan yang konsisten. Untuk tujuan standarisasi maka T_r , temperatur referensi diasumsikan sebesar 68° F (20° C).

Tabel 2.2 Koefisien linear material (*AGA Report No. 3*)

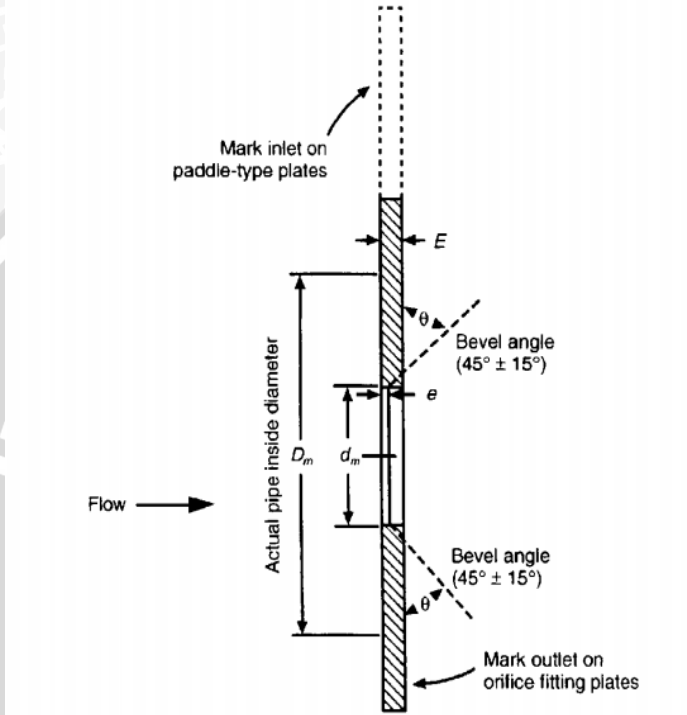
—Linear Coefficient of Thermal Expansion	
Material	Linear Coefficient of Thermal Expansion, α [U.S. Units (in./in. °F)]
Type 304 and 316 stainless steel ^a	0.00000925
Monel ^a	0.00000795
Carbon Steel ^b	0.00000620

Note: For flowing temperature conditions other than those stated in footnotes a and b and for other materials, refer to the American Society for Metals, *Metals Handbook*.
^aFor flowing conditions between - 100°F and + 300°F, ref. ASME PTC 19.5.
^bFor flowing conditions between - 7°F and + 154°F, ref. API MPMS Chapter 12, Section 2.

2.6.4 Ketebalan Bidang Dalam Orifice

Permukaan bagian dalam bidang orifice (e) merupakan bagian yang dibuat secara diameter silinder konstan yang tidak terdapat cacad, seperti adanya alur, benjolan, lubang kecil atau gumpalan yang dapat terlihat oleh mata telanjang. Panjang sisi lubang bidang orifice secara silinder disebut ketebalan bidang dalam orifice (e). Nilai minimum ketebalan lubang bidang orifice adalah $e \geq 0.01 d_m$ atau $e > 0.005$ inci. Maksimum ketebalan yang diijinkan

pada lubang bidang orifice $e \leq 0.02 D_r$ atau $e \leq 0.125 d_r$, dimana e tidak boleh lebih besar dari ketebalan bidang orifice (E).



Gambar 2.7 Spesifikasi bidang orifice dan bagian-bagiannya (AGA Report No.3)

2.6.5 Ketebalan Bidang Orifice (Orifice Plate Thickness)

Maksimum, minimum dan rekomendasi nilai ketebalan bidang orifice (E) untuk tipe-304 dan 316 terbuat dari baja-*stainless steel* dapat dilihat pada tabel 2.3. Nilai tekanan maksimum yang diijinkan untuk rekomendasi ketebalan bidang orifice pada tabel 2-3 digunakan jika suhu tidak lebih dari 150° F . Untuk perbandingan diameter, ukuran diameter pipa dalam (D_m) dan ketebalan bidang orifice tidak ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Batas maksimum ketebalan dan tekanan bidang orifice
(AGA Report No.3)

—Orifice Plate Thickness and Maximum Allowable Differential Pressure Based on the Structural Limit

Nominal Pipe Size (NPS) (inches)	Published Inside Pipe Diameter (inches)	Orifice Plate Thickness, <i>E</i> (inches)			Maximum Allowable ΔP (H_2O) Orifice Fitting	Maximum Allowable ΔP (H_2O) Orifice Flanges
		Minimum	Maximum	Recommended		
2	1.687	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	1.939	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	2.067	0.115	0.130	0.125	1000	1000
3	2.300	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	2.624	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	2.900	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	3.068	0.115	0.130	0.125	1000	1000
4	3.152	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	3.438	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	3.826	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	4.026	0.115	0.130	0.125	1000	1000
6	4.897	0.115	0.163	0.125	345	1000
	5.187	0.115	0.163	0.125	345	1000
	5.761	0.115	0.192	0.125	345	1000
	6.065	0.115	0.192	0.125	345	1000
8	7.625	0.115	0.254	0.250	1000	1000
	7.981	0.115	0.319	0.250	1000	1000
	8.071	0.115	0.319	0.250	1000	1000
10	9.562	0.115	0.319	0.250	570	1000
	10.020	0.115	0.319	0.250	570	1000
	10.136	0.115	0.319	0.250	570	1000
12	11.374	0.175	0.379	0.250	285	1000
	11.938	0.175	0.398	0.250	285	1000
	12.090	0.175	0.398	0.250	285	1000
16	14.688	0.175	0.490	0.375	465	1000
	15.000	0.175	0.500	0.375	465	1000
	15.025	0.175	0.500	0.375	465	1000
20	18.812	0.240	0.505	0.375	235	1000
	19.000	0.240	0.505	0.375	235	1000
	19.250	0.240	0.505	0.375	235	1000
24	22.624	0.240	0.505	0.500	360	1000
	23.000	0.240	0.562	0.500	360	1000
	23.250	0.240	0.562	0.500	360	1000
30	28.750	0.370	0.562	0.500	180	1000
	29.000	0.370	0.578	0.500	180	1000

Penggunaan bidang orifice selain rekomendasi seperti pada tabel 2.3 diijinkan jika tidak melampaui batas maksimum dan minimum ketebalan.(American Society of Mechanical Engineers,2001).

2.7 Sifat Fisika pada Fluida

2.7.1 Densitas

Densitas aliran fluida (ρ_{vb}) merupakan massa per satuan volume fluida yang dihitung berdasarkan kondisi aliran (T_f, P_f). Sedangkan densitas dasar fluida (ρ_b) merupakan massa per

satuan volume fluida yang dihitung berdasarkan kondisi dasar (T_b, P_b).

2.7.2 Viskositas Absolut (*Absolute Viscosity*)

Viskositas absolut aliran fluida (μ) merupakan perhitungan gaya penghambat kohesif antar molekul dalam fluida per satuan waktu.

2.7.3 Kemampuan Pemampatan (*Compressibility*)

Pemampatan (Z) merupakan faktor penyesuaian yang digunakan untuk mengukur deviasi dari hukum gas ideal.

2.7.4 Eksponen Isentropis (*Isentropic Exponent*)

Eksponen isentropis (k) merupakan penetapan keadaan termodinamika yang berhubungan antara perkembangan tekanan fluida dan densitas yang mengalir melalui bidang orifice. (International Organization of Standards (ISO 5167-1) Amendment 1, 1998).

2.8 Kondisi Dasar (*Base Conditions*)

Sepanjang sejarah pengukuran laju aliran fluida seperti *custody transfer* dan proses kontrol telah ditetapkan dalam satuan volume dengan keadaan temperatur dasar dan tekanan dasar dalam sistem.

Pengukuran laju aliran fluida jenis minyak bumi dan cairan lainnya hasil dari produksi minyak bumi tersebut, dimana tekanan uap airnya sebanding atau kurang dari tekanan atmosfer. Dalam standar *United States* keadaan dasar berada pada tekanan berkisar *14.696 pounds per square inch absolute* (101.325 kilopascal) dan temperatur 60° F (15.56° C). Sedangkan pada ISO (*International Standar Organization*) kondisi dasar didefinisikan dengan tekanan *14.696 pounds per square inch absolute* (101.325 kilopascal) dan temperatur 59.00° F (15.00° C).

Untuk pengukuran laju aliran fluida jenis cairan yang bersifat hidrokarbon dimana tekanan uap airnya lebih besar dari

tekanan atmosfer pada temperatur dasar, maka tekanan dasarnya disesuaikan dengan tekanan uap air sistemnya.

Sementara pengukuran laju aliran fluida jenis gas alam menurut *United States*, standar tekanan dasar didefinisikan pada *14.73 pounds per square inch absolute* (101.560 kilopaskal) dengan temperatur 60.0° F (15.56° C). Sedangkan menurut ISO, kondisi dasar berada pada tekanan *14.696 pounds per square inch absolute* (101.325 kilopaskal) dengan temperatur 59.00° F (15.00° C).

2.9 AGA Report No. 3 (American Gas Association)

Pengukuran tekanan tinggi pada gas alam dengan volume tinggi dengan orifice meter merupakan pilihan yang paling sering digunakan dalam mengukur laju aliran gas. *AGA-3* merupakan standar dasar dalam pengukuran orifice meter, akan tetapi ini bukan standar akhir karena untuk memahami secara menyeluruh masih dilakukan penelitian secara analitik dengan pengembangan data yang ada. Para peneliti berharap sepenuhnya bahwa pada perkembangan percobaan eksperimen dapat menambah kesempurnaan nilai standar dengan data yang lebih ringkas dan pemenuhan persamaan matematika yang lebih baik.

AGA Report No. 3, saat ini didefinisikan sebagai ANSI (*American National Standards*)/API (*American Petroleum Institute*) 2530, berdasarkan pada tes dilakukan di Ohio State University ketika 1932/1933. Persamaan dalam *AGA Report No. 3* telah dikembangkan oleh Buckingham dan Beitler dari data uji eksperimental. Dalam hasil data uji tersebut dinyatakan bahwa ketepatan dan akurasi pada orifice meter memiliki $\pm 0.5\%$. Sejarah penggunaan alat menunjukkan bahwa toleransi tersebut layak untuk beberapa sampel secara statistik daripada jenis-jenis meter atau instrument lainnya pada sistem.

Akhir-akhir waktu ini banyak peneliti yang berminat untuk mengembangkan tingkat akurasi dari pengukuran orifice meter. Melalui teknologi yang terbaru diharapkan dapat meningkatkan akurasi yang sebelumnya $\pm 0.5\%$ menjadi $\pm 0.2\%$. Peningkatan akurasi ini sangat dibutuhkan dalam dunia pengukuran terutama untuk dunia industri baik dengan menggunakan bantuan komputer atau teknologi baru.

Pengujian nilai koefisien dalam aliran terus dilakukan oleh berbagai pihak sampai 1935 untuk menemukan dan mengangkat pertanyaan tambahan tentang validitas atau kebenaran persamaan dasar tersebut. Terdapat beberapa pertanyaan teknis telah diajukan mengenai koefisien relatif terhadap kurva super-kompresibilitas berkaitan dengan alat pengukur tekanan sebagai ganti suatu nol tekanan dasar absolut. Pertanyaan lebih lanjut berhubungan dengan aplikasi Bilangan *Reynold's*' yang tinggi, dimana belum dapat diramalkan. Hal ini disebabkan terbatasnya basis data yang ada pada percobaan laboratorium pada saat itu (1930). Koefisien tersebut hanya diramalkan sesuai bentuk kurva yang terbaik dengan cara menghubungkan alur dari prosesnya, dimana dinyatakan belum konsisten untuk teknologi komputer modern.

Pertanyaan juga diajukan pada dampak gangguan hulu(*upstream*) terhadap koefisien aliran orifice dan apakah benar atau tidak pemasangan tabung meter (*straightening valves*) untuk menyerahakan aliran dan atau konfigurasi perpipaan yang ditetapkan dalam *AGA No. 3* benar-benar mencangkup akurasi yang baik dengan mencerminkan data awalnya yang diperoleh (tanpa mengubah data yang ada). Metode yang dikembangkan pada pengukuran orifice ini juga dipertanyakan, karena pada percobaan yang sesungguhnya untuk aliran air dengan diameter pipa yang lebih kecil mempunyai koefisien yang sama besar dengan aliran gas pada pipa diameter 48 inci. Perbedaan komposisi kandungan gas juga mempunyai pengaruh yang besar terhadap pengukuran orifice. (American Gas Association Report No. 3, 2003)

2.10 Penerapan Fluida

Beberapa naskah penelitian telah dipakai sebagai refrensi untuk merevisi standarisasi. Sebagai contoh pada beberapa bagian edisi sebelumnya *AGA (America Gas Assosiacion) Report No. 3* kini telah kaya akan informasi. Hasil percobaan secara eksperimen pada laboratorium telah ditambahkan sebagai informasi pengontrol untuk pengaruh nilai variabel, kualitas dan kuantitatifnya.

Pada standar aplikasi untuk keadaan tunak (*steady-state*), aliran fluida diselaraskan dengan suatu keadaan; satu fase, homogen dan bersifat sesuai hukum newton serta memiliki jumlah bilangan pipa *Reynold's* (*Pipe Reynold's Number*) sama dengan 4000 atau

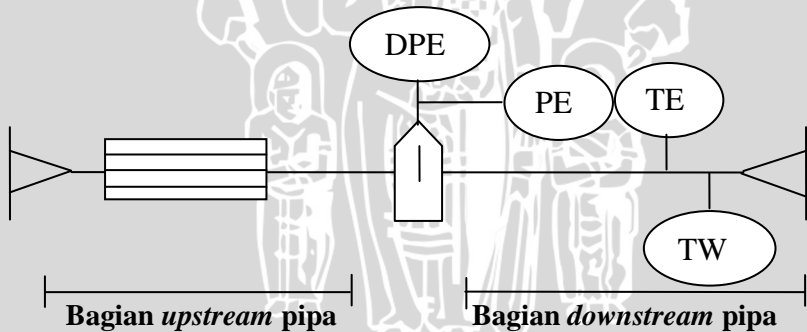
lebih. Semua jenis fluida baik gas, cairan dan jenis-jenis cairan padat yang berhubungan dengan petroleum, petrochemical dan industri gas alam lainnya harus sesuai dengan hukum Newton dalam fluida. (Cleveland Whetstone, J.R, 1989)

2.10.1 Bagian Pengukuran (Meters)

Standar desain, konstruksi dan pemasangan masing-masing spesifikasi untuk *flange-tapped*, *concentric*, *square-edge* pada orifice meter memiliki nominal dua inci, ketebalan pipa (*schedule*) 160 dan lebih besar dari diameter pipa. Gambar 2.5 menunjukkan skema penyusunan pengukuran dengan menggunakan orifice meter.

Sebuah orifice meter merupakan alat atau instrument pengukur rata-rata laju aliran fluida dengan menentukan perubahan tekanan. Alat ini terdiri dari beberapa bagian :

1. Bagian tipis pada pusat memiliki bidang *square-edged* orifice meter
2. Bagian *orifice- flange* atau *orifice-fitting* yang dilengkapi dengan alat pengukur (*sensing taps*) untuk mengukur perbedaan tekanan .
3. Bagian tabung (*straightening valve*) yang berada pada pipa (penggunaan didasarkan pada jenis aliran fluida).



Gambar 2.8 Skema orifice meter

Pada bagian pengukuran gambar 2.8 mempunyai bagian elemen pengukur perbedaan tekanan (DPE), bagian pengukur temperatur (TE), bagian pengukur tekanan dalam aliran fluida (PE), bagian pengukur *thermowell* (TW) dan bagian *straightening valve*. Bagian *straightening valve* mempunyai fungsi untuk menghilangkan

swirl, *vortice*, pertemuan arus silang karena pengaruh adanya *fiting*, *valve*, *elbow*, atau komponen apapun sebelum masuk ke meter tube.

2.10.2 Ketidakpastian Pengukuran

Dalam pengukuran untuk suatu fluida banyak faktor mempengaruhi ketidakpastian pengukuran secara keseluruhan, terutama yang berkaitan dengan instrumen. Faktor utama lebih banyak disebabkan toleransi kontruksi dalam komponen, misal toleransi koefisien empiris untuk pengurangan (*discharge*) data dasar atau kalibrasi aliran *in-situ*, kemampuan memprediksi aliran fluida, kemampuan memprediksi variasi properti fisika dalam fluida dan ketidakpastian yang berhubungan dengan alat bantu pengukuran.

Berdasarkan faktor-faktor diatas digunakan aga dapat menghitung nilai standar secara menyeluruh pada ketidakpastian pengukuran (*uncertainty of measurement*) dengan bentuk desain, proses pemasangan dan bagian-bagian instrument seperti ketebalan bidang (*thin plate*), *concentric*, *square-edged* orifice metering (C.L Britton, 1998).



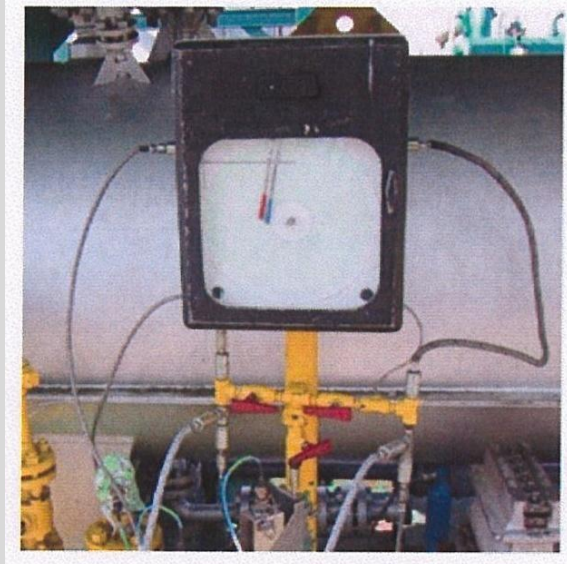
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada 25 Oktober 2010 hingga 24 Desember 2010 bertempat di Onshore Receiving Facility Kodeco Energy Co Ltd kelurahan Sidorukun, Gresik Jawa Timur.

3.2. Data Penelitian

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data-data tekanan, beda tekanan dan temperatur. Data diambil dari *barton flow chart recorder* pada sistem pemeteran gas. Keadaan dasar temperatur dan tekanan pipa milik PT Kodeco Energy adalah 60.0°F – 101.560 Kilopaskal(14.7 Psi) untuk metering PJB, PKG, PGN dan MKS.



Gambar 3.1 *Barton flow chart recorder*

Dimana garis berwarna biru menunjukkan tekanan aliran gas(fluida), garis berwarna hijau menunjukkan temperatur aliran dan

garis berwarna merah menunjukkan perbedaan tekanan pada Orifice Meter.

3.3. Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah orifice meter dengan spesifikasi sebagai berikut :

3.3.1 Orifice Meter PKG

Spesifikasi untuk orifice meter pada PKG;

Tabel 3.1 Spesifikasi orifice meter milik PKG

Merek	d(mm)	D(mm)	E(mm)	A	e(mm)
Crane/316	137.16	214.17	6.20	45°	3.38
Crane/316	137.17	214.22	6.18	45°	3.70

3.3.2 Orifice Meter PJB

Spesifikasi untuk orifice meter pada PJB;

Tabel 3.2 Spesifikasi orifice meter milik PJB

Merek	d(mm)	D(mm)	E(mm)	A	e(mm)
-/18.73	177.86	271.39	6.18	45°	2.99
-/17.93	177.93	271.39	6.12	45°	2.95

3.3.3 Orifice Meter MKS

Spesifikasi untuk orifice meter pada MKS;

Tabel 3.3 Spesifikasi orifice meter milik MKS

Merek	d(mm)	D(mm)	E(mm)	A	e(mm)
Crane/316s	96.37	214.06	6.33	45°	3.90
Crane/316	96.44	214.03	6.21	45°	3.89

3.3.4 Orifice Meter PGN

Spesifikasi untuk orifice meter pada PGN;

Tabel 3.4 Spesifikasi orifice meter milik PGN

Merek	d(mm)	D(mm)	E(mm)	A	e(mm)
Crane/316ss	137.16	214.17	6.20	45°	3.38
Crane/316ss	137.13	214.22	6.18	45°	3.70



Gambar 3.2 Orifice Meter Senior

3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data melalui *barton flow chart recorder* tanggal dua januari 2010 sampai empat januari 2010 pada sistem pemeteran gas untuk PJB, PGN, PKG dan MKS. Perhitungan aliran gas menggunakan orifice meter menggunakan persamaan pada *AGA Report No.3* sebagai berikut;

$$Q_h = C' \sqrt{h_w P_f} \quad (3.1)$$

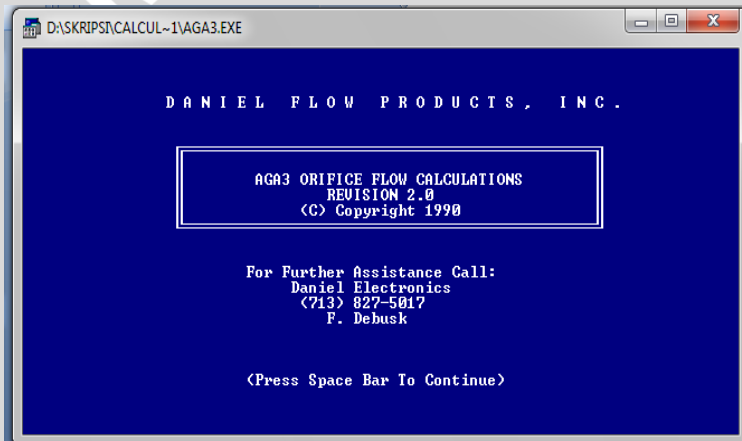
- Dimana;
- Q_h - Rata-rata aliran gas alam pada kondisi dasar
 - h_w - Perbedaan Tekanan(differential Pressure)
 - P_f - Tekanan Statis Aliran Fluida
 - C' - Konstanta aliran orifice

$$C' = F_b \times F_r \times Y \times F_{pb} \times F_{tb} \times F_{tf} \times F_g \times F_{pv} \times F_m \times F_a \dots\dots$$

- | | |
|--|-------------------------------------|
| F_b - Faktor dasar aliran Orifice | F_r - Faktor Bilangan Reynold's |
| Y - Faktor Ekspansi | F_{fb} - Faktor Tekanan Dasar |
| F_{tb} - Faktor Temperatur Dasar | F_{tf} - Faktor Temperatur Aliran |
| F_{pv} -Faktor <i>Supercompressibility</i> | F_g - Faktor Spesifik Gravitasi |
| F_m - Faktor Manometer | F_a - Faktor Ekspansi Thermal |
- (Sardjono Kahar, 2009)

3.5 AGA Report No.3 Software

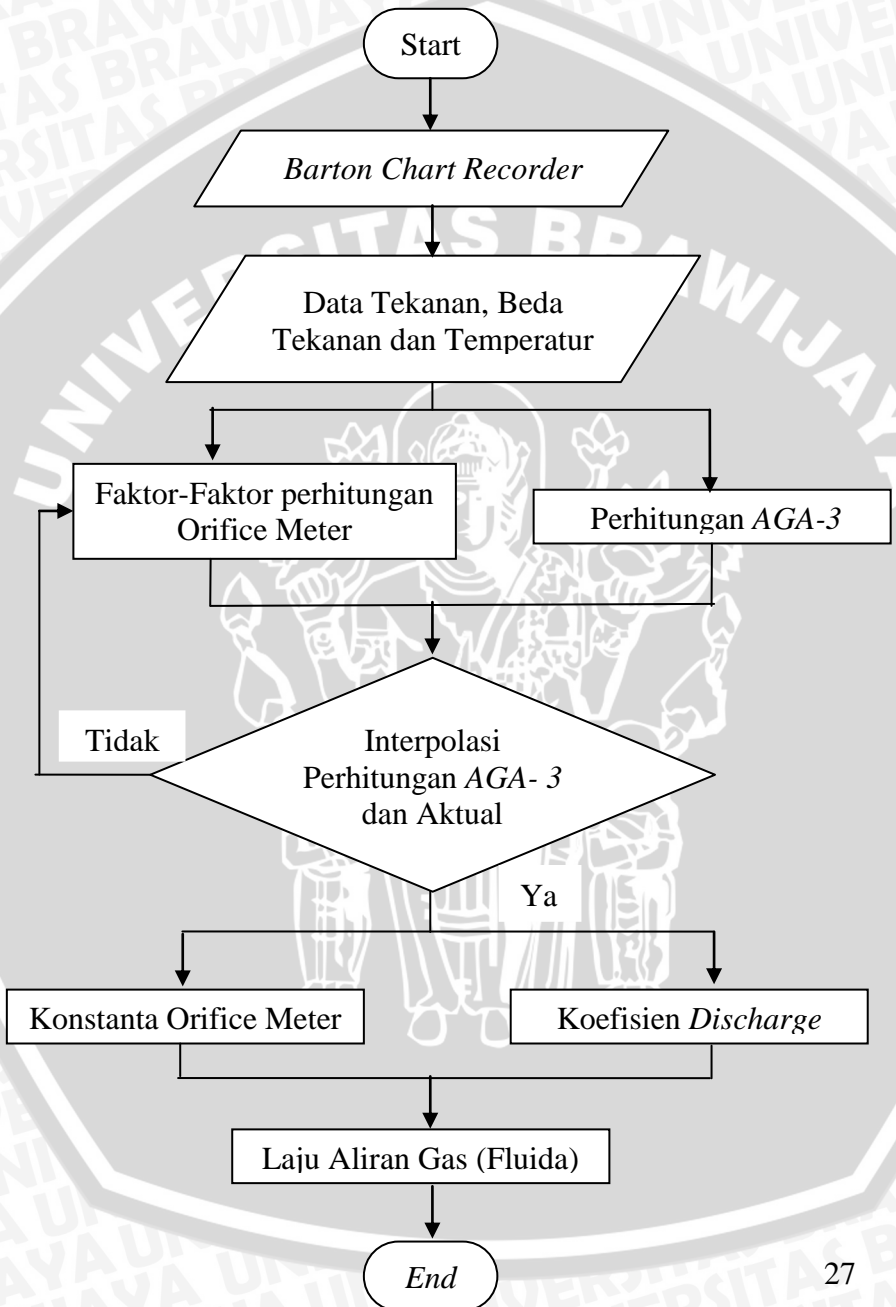
Perhitungan AGA-3 sebagai standar pengukuran menggunakan software dari Daniel Flow Product Inc. Dalam standar perhitungan AGA-3 ini memiliki beberapa variabel-variabel perhitungan. Untuk perhitungan menggunakan AGA-3 terdapat beberapa variabel perhitungan yang dihitung terlebih dahulu diantaranya spesifikasi gravitasi, kemudian kandungan gas carbon dioksida (CO_2) dan kandungan gas nitrogen (N_2). Untuk perhitungan kandungan gas carbon dioksida dan nitrogen dalam gas alam dihitung menggunakan *Gas Chromatography*.



Gambar 3.3 AGA-3 Software

Dalam perhitungan untuk dua Januari 2010 sampai empat Januari 2010 didapatkan kandungan carbon dioksida sebesar 0.60 % dan kandungan nitrogen sebesar 0.08 % dari gas yang mengalir.

3.5 Diagram alir Pengolahan Data



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Faktor Aliran Orifice

Nilai faktor aliran orifice dapat dihitung dengan persamaan

$$F_b = 338.17 C_d d^2 \quad (4.1)$$

dimana C_d adalah *Coefficient Discharge* dan d adalah diameter lubang bidang orifice. Faktor aliran orifice didasarkan pada keadaan dasar pada pipa seperti tekanan dasar dan temperatur dasar. Nilai faktor ini dipengaruhi oleh lokasi letak ketukan perbedaaan tekanan (*taps differential*), diameter orifice dan diameter dalam pipa.

Dari perhitungan didapatkan tabel faktor aliran orifice untuk aliran gas pada PKG sebagai berikut:

Tabel 4.1 Faktor aliran orifice pada PKG

Waktu/Hari	Metering PKG-A	Metering PKG-B
2 Januari 2010	6772,36	6769,40
3 Januari 2010	6772,36	6769,40
4 Januari 2010	6772,36	6769,40

Sedangkan untuk faktor aliran orifice pada PJB:

Tabel 4.2 Faktor aliran orifice pada PJB

Waktu/Hari	Metering PJB-A	Metering PJB-B
2 Januari 2010	11421,20	11437,87
3 Januari 2010	11421,20	11446,88
4 Januari 2010	11421,20	11437,87

Untuk faktor aliran orifice pada PGN:

Tabel 4.3 Faktor aliran orifice pada PGN

Waktu/Hari	Metering PGN-A	Metering PGN-B
2 Januari 2010	6772,36	6769,40
3 Januari 2010	6772,36	6769,40
4 Januari 2010	6772,36	6769,40

Untuk faktor aliran orifice pada MKS:

Tabel 4.4 Faktor aliran orifice pada MKS

Waktu/Hari	Metering MKS-A	Metering MKS-B
2 Januari 2010	3093,60	3088,30
3 Januari 2010	3093,60	3088,30
4 Januari 2010	3093,60	3088,30

4.2 Faktor Tekanan Dasar

Nilai faktor tekanan dasar dapat dihitung menggunakan persamaan

$$F_{pb} = \frac{14.73}{P_b} \quad (4.2)$$

dimana P_b adalah tekanan dasar aliran orifice pada pipa. Pada pengukuran untuk dua januari 2010 sampai empat januari 2010 didapatkan tekanan dasar pada pipa sebesar 14.7 Psi. Sehingga untuk faktor tekanan dasar F_{pb} adalah 1. Nilai faktor tekanan dasar adalah sama untuk masing-masing metering, karena disesuaikan dengan standar pengukuran yakni AGA-3.

4.3 Faktor Temperatur Dasar

Nilai faktor temperatur dasar dapat dihitung menggunakan persamaan

$$F_{tb} = \frac{T_b}{520} \quad (4.3)$$

dimana T_b adalah Temperatur Absolut dalam Rankine yang didefinisikan; $(460 + \text{Temperatur dasar dalam } ^\circ\text{F})$. Pada pengukuran untuk dua januari 2010 sampai empat januari 2010 didapatkan temperatur absolut (dasar) pada pipa sebesar 60°F . Sehingga untuk faktor temperatur dasar F_{tb} adalah 1. Hal ini disesuaikan dengan standar pengukuran pada AGA-3 dalam pengukuran aliran fluida gas.

4.4 Faktor Spesifik Gravitasi

Nilai faktor spesifik gravitasi dapat dihitung menggunakan persamaan;

$$F_{sg} = \sqrt{\frac{1.000}{G}} \quad (4.4)$$

dimana G merupakan spesifik gravitasi untuk aliran gas pada udara (1.000). Dalam pengukuran spesifik gravitasi diperoleh sebesar 0.6. Sehingga untuk faktor spesifik gravitasi pada pengukuran aliran fluida gas pada tanggal dua januari 2010 sampai empat januari 2010 didapatkan 1.29.

4.5 Faktor Temperatur Aliran

Nilai faktor temperatur aliran dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$F_{tf} = \sqrt{\frac{520}{T_f}} \quad (4.5)$$

dimana T_f merupakan Temperatur Absolut dalam Rankine yang didefinisikan; (460 + Temperatur Aliran dalam °F). Nilai faktor temperatur aliran dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6, 4.7 dan 4.8. Dalam pengukuran pada tanggal dua januari 2010 sampai empat januari 2010 didapatkan faktor temperatur aliran:

Tabel 4.5 Faktor temperatur aliran pada PKG

Waktu/Hari	Metering PKG-A	Metering PKG-B
2 Januari 2010	0,98	0,98
3 Januari 2010	0,98	0,98
4 Januari 2010	0,98	0,98

Tabel 4.6 Faktor temperatur aliran pada PJB

Waktu/Hari	Metering PJB-A	Metering PJB-B
2 Januari 2010	0,98	0,98
3 Januari 2010	0,98	0,98
4 Januari 2010	0,98	0,98

Tabel 4.7 Faktor temperatur aliran pada PGN

Waktu/Hari	Metering PGN-A	Metering PGN-B
2 Januari 2010	0,98	0,98
3 Januari 2010	0,97	0,98
4 Januari 2010	0,98	0,98

Tabel 4.8 Faktor temperatur aliran pada MKS

Waktu/Hari	Metering MKS-A	Metering MKS-B
2 Januari 2010	0,97	0,98
3 Januari 2010	0,97	0,98
4 Januari 2010	0,97	0,98

4.6 Faktor Bilangan *Reynold's*

Nilai faktor Bilangan *Reynold's* dapat dihitung menggunakan persamaan;

$$F_r = 1 + \frac{b}{\sqrt{h_w P_f}} \quad (4.6)$$

dimana *b* adalah faktor yang ditentukan oleh standar ukuran pipa dan juga ukuran orifice. Faktor bilangan *Reynold's* disebabkan oleh variasi koefisien pengurangan (*discharge*) dengan bilangan *Reynold's*. Koefisien pengurangan akan berkurang seiring dengan meningkatnya nilai bilangan *Reynold's* sampai bilangan *Reynold's* menjadi tak terhingga.

Pada perhitungan faktor bilangan *Reynold's* dapat dilihat pada lampiran. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai faktor bilangan *Reynold's* rata-rata sebesar 1.

4.7 Faktor Ekspansi

Ketika aliran gas melewati sepanjang suatu orifice, perubahan percepatan dan tekanan akan ditemani perubahan spesifikasi berat. Sehingga dibutuhkan suatu koefisien faktor untuk diberlakukan sesuai perubahan tersebut. Nilai faktor ini disebut ekspansi yang bergantung pada letak ketukan perbedaan tekanan (*taps differential pressure*), lokasi ketukan tekanan statis (*taps static pressure*) dan rasio perbedaan diameter orifice dengan diameter dalam pipa. Oleh karena itu faktor ekspansi sangat bergantung pada rasio perbandingan antara perbedaan tekanan dan tekanan statis berdasarkan spesifikasi panas aliran gas. Variasi faktor dapat dilihat berdasarkan tabel.

Untuk faktor ekspansi pada perhitungan ini dapat dilihat pada tabel 4.9. Hasil pengukuran tanggal dua januari 2010 sampai empat januari 2010 diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.9 Faktor ekspansi

Orifice	Upstream	Downstream
PKG-A	0,99	1,00
PKG-B	0,99	1,00

Pada tabel 4.9 didapatkan nilai faktor ekspansi pada bagian *upstream* pipa bernilai 0,99 dan pada bagian *downstream* pipa bernilai 1,00. Faktor ekspansi mempunyai nilai sama terhadap semua orifice meter karena memiliki nilai perbandingan yang sangat kecil dengan masing-masing orifice.

4.8 Faktor *Supercompressibility*

Nilai faktor *supercompressibility* dapat dihitung dengan pendekatan nilai tekanan penyesuain dan nilai temperatur penyesuain. Dimana tekanan penyesuaian dan temperatur penyesuaian ditentukan dengan kandungan karbon dioksida dan nitrogen dalam gas. Spesifik gravitasi untuk gas alam yang diperoleh sebesar 0.60. Untuk nilai tekanan penyesuaian dan temperatur penyesuaian dihitung dengan mengetahui nilai faktor penyesuain sebagai berikut:

$$F_p = \frac{166,47}{160 - 7,22G + K_p} \quad (4.7)$$

$$F_t = \frac{266,29}{99,15 - 211,9G + K_t} \quad (4.8)$$

Dimana K_p adalah konstanta tekanan (pressure) dan K_t adalah konstanta temperatur. Pendekatan secara matematis dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_p = M_c - 0.392 M_n \quad (4.9)$$

$$K_t = M_c + 1.681 M_n \quad (4.10)$$

Nilai untuk kandungan karbon dioksida (M_c) dan nitrogen (M_n) pada gas adalah 0.60% dan 0.08%. Pada perhitungan ini didapatkan nilai K_p sebesar -0,15 dan nilai K_t sebesar 1,10. Sehingga diperoleh F_p dan F_t yakni 1,00 dan 1,00. Kemudian untuk nilai faktor *supercompressibility* dapat dilihat berdasarkan tekanan penyesuain dan nilai temperatur penyesuain pada tabel. Besar nilai faktor *supercompressibility* dapat diketahui pada daftar lampiran.

4.9 Konstanta Orifice Meter

Konstanta orifice meter merupakan fungsi dari faktor-faktor perhitungan laju aliran fluida pada sistem pemeteran gas. Faktor-faktor perhitungan laju aliran fluida meliputi faktor aliran orifice, faktor tekanan dasar, faktor temperatur dasar, faktor spesifik gravitasi, faktor temperatur tekanan, faktor bilangan *Reynold's*, faktor ekspansi dan faktor *supercompressibility*. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$C' = F_b \times F_r \times Y \times F_{pb} \times F_{tb} \times F_{tf} \times F_g \times F_{pv} \dots \quad (4.11)$$

Konstanta Orifice meter pada masing-masing metering mempunyai besar atau nilai yang berbeda-beda akibat dari faktor-faktor pengukuran. Hasil pengolahan data untuk konstanta orifice didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.10 Konstanta orifice meter PKG

Waktu/Hari	Metering PKG-A	Metering PKG-B
2 Januari 2010	8731,9±0,5	8760,1±0,2
3 Januari 2010	8731,9±0,4	8759,2±0,4
4 Januari 2010	8752,5±0,3	8759,2±0,2

Pada sistem pemeteran gas untuk PKG-A dalam tabel 4.13 didapatkan konstanta orifice 8738,7±0,4 dalam waktu tiga hari. Sedangkan sistem pemeteran gas untuk PKG-B diperoleh 8759,5±0,3 dalam waktu tiga hari. Perubahan konstanta orifice dapat menunjukkan terjadinya adanya perubahan tekanan dalam pipa. Apabila perubahan tekanan semakin besar maka konstanta orifice meter menjadi lebih besar.

Sedangkan untuk sistem pemeteran gas PJB diperoleh:

Tabel 4.11 Konstanta orifice meter PJB

Waktu/Hari	Metering PJB-A	Metering PJB-B
2 Januari 2010	14839,7±0,9	14862±2
3 Januari 2010	14839±2	14839,06±2,09
4 Januari 2010	14805±1	14879±1

Pada sistem pemeteran gas untuk PJB-A (tabel 4.14) didapatkan konstanta orifice 14828,08±1,43. Kemudian untuk konstanta orifice pada PJB-B didapatkan 14849±1. Perubahan konstanta orifice ini disebabkan perubahan tekanan dalam aliran fluida pada orifice terutama bagian *upstream* dan *downstream* pipa

selama tiga hari. Dalam konstanta orifice meter milik PJB diketahui mempunyai perbedaan tekanan aliran yang stabil atau konstan dalam satu hari. Hal ini dapat dilihat dengan perubahan nilai konstanta orifice meter yang sangat kecil.

Sedangkan untuk sistem pemeteran gas pada PGN didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.12 Konstanta orifice meter PGN

Waktu/Hari	Metering PGN-A	Metering PGN-B
2 Januari 2010	8832,04±0,65	8770,5±0,6
3 Januari 2010	8653,4±0,6	8775,7±0,6
4 Januari 2010	8779,6±0,6	8775,6±0,6

Pada sistem pemeteran gas pada PGN-A(tabel 4.15) didapatkan konstanta orifice 8755,03±0,62. Sedangkan pada pipa PGN-B didapatkan 8773,9±0,6. Konstanta orifice meter PGN juga menunjukkan bahwa perubahan tekanan pada aliran fluida cenderung stabil atau konstan seperti milik gas metering PJB.

Tabel 4.13 Konstanta orifice meter MKS

Waktu/Hari	Metering MKS-A	Metering MKS-B
2 Januari 2010	3995,9±0,2	3989,06±0,14
3 Januari 2010	3991,2±0,7	3989,1±0,8
4 Januari 2010	3996,02±0,17	3989,05±0,14

Pada sistem pemeteran gas MKS-A diperoleh 3994,4±0,4 dan MKS-B 3989,08±0,38. Konstanta orifice meter MKS dalam tabel 4.16 memiliki perubahan tekanan yang sangat stabil, menunjukkan aliran fluida gas yang mengalir sangat baik.

Konstanta orifice hasil pengukuran secara tidak langsung dapat menunjukkan besar laju aliran fluida yang mengalir dan hilangnya *pressure(drop pressure)* akibat kebocoran pipa atau kejadian yang menyebabkan aliran fluida terhambat. Dalam pengukuran ini dapat ditunjukkan kapasitas aliran fluida terbesar dimiliki oleh sistem pemeteran gas PJB dan kapasitas aliran fluida terendah dimiliki MKS. Untuk *drop pressure* dan *loss pressure* dalam pengukuran laju aliran fluida dalam tiga hari tidak terjadi.

4.10 Koefisien Discharge

Koefisien discharge adalah konstanta yang tidak konstan dan besarnya ditentukan dari kerugian-kerugian gesekan akibat kekasaran bagian dalam pipa, bentuk geometri dari saluran pipa dan bilangan *Reynold's*. Koefisien discharge secara empiris merupakan rasio perbandingan antara kapasitas aliran aktual terhadap kapasitas aliran standar (teori) dengan jumlah bilangan *Reynold's* mendekati tak terhingga. Dalam pengukuran diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.14 Koefisien *discharge* orifice meter

Orifice	Koefisien Discharge
PKG-A	0.68
PKG-B	0.68
PJB-A	0.69
PJB-B	0.69
PGN-A	0.68
PGN-B	0.68
MKS-A	0.63
MKS-B	0.63

Pada tabel 4.17 dapat dilihat bahwa nilai koefisien discharge orifice meter memiliki nilai 0,68 pada sistem pemeteran gas PKG, PJB dan PGN. Sedangkan untuk sistem pemeteran gas MKS memiliki koefisien *discharge* terendah yakni 0,63. Pada sistem pemeteran gas PKG dan PGN didapatkan nilai koefisien *discharge* yang sama yakni 0,68. Nilai atau harga koefisien *discharge* yang sama disebabkan konstanta orifice meter yang hampir sama.

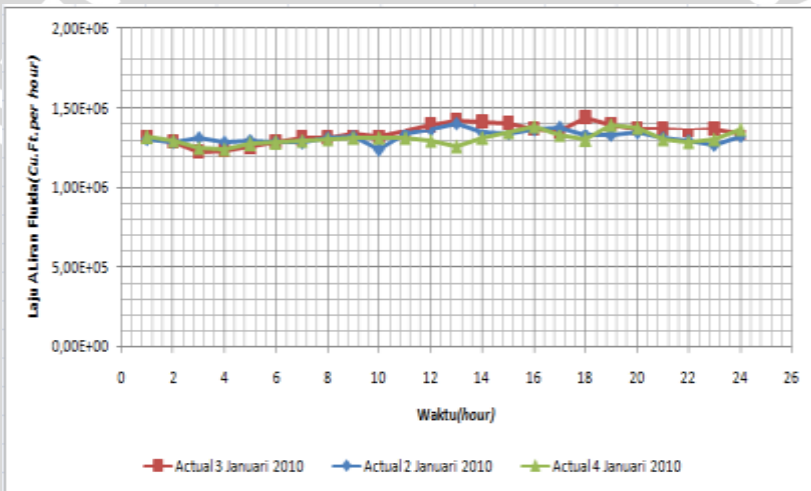
Hasil perhitungan untuk koefisien *discharge* pada masing-masing orifice mempunyai nilai sebesar 0,6. Nilai koefisien *discharge* sebesar 0,6 merupakan koefisien atau konstanta yang menunjukkan kerugian-kerugian gesekan akibat kekasaran bagian dalam pipa dalam aliran fluida gas.

4.11 Laju Aliran Fluida

4.11.1 Laju Aliran Fluida pada PKG

Laju aliran fluida gas yang diterima PKG pada pipa-A dapat dilihat pada grafik 4.1 dibawah ini dalam selang waktu tiga hari. Garis berwarna merah menunjukkan laju aliran fluida pada tanggal dua januari 2010, berwarna biru pada tanggal tiga januari 2010 dan berwarna hijau pada tanggal empat januari 2010.

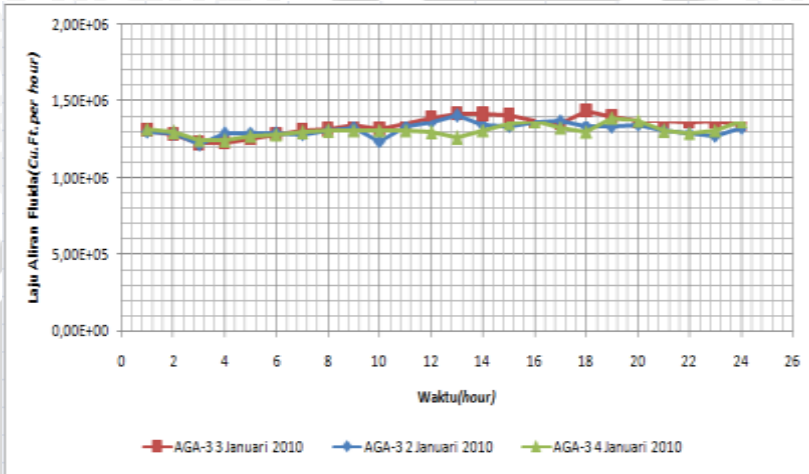
Σ Total "Actual 2 Januari" = 31627640,78 Cu.Ft per day
Σ Total "Actual 3 Januari" = 32191674,39 Cu.Ft per day
Σ Total "Actual 4 Januari" = 31434287,47 Cu.Ft per day



Grafik 4.1 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu PKG-A

Dalam perhitungan secara aktual didapatkan jumlah kapasitas aliran fluida yang mengalir rata-rata sebesar $31,7 \times 10^6$ cu.ft. per day. Dalam grafik 4.1 dapat dilihat aliran fluida gas yang mengalir dalam tiga hari memiliki nilai atau harga yang sama sehingga dapat dikatakan orifice meter PKG memiliki harga pengulangan (*repeatability*) dan akurasi yang baik dalam pengukuran. Grafik 4.1 menunjukkan besar laju aliran fluida terendah berada pada $1,22 \times 10^6$ cu.ft.per hour dan tertinggi pada $1,43 \times 10^6$ cu.ft.per hour.

Σ Total "AGA-3 2 Januari" = 31542690 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 3 Januari" = 32210140 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 4 Januari" = 31442490 Cu.Ft per day



Grafik 4.2 Laju aliran fluida secara AGA-3 terhadap waktu PKG-A

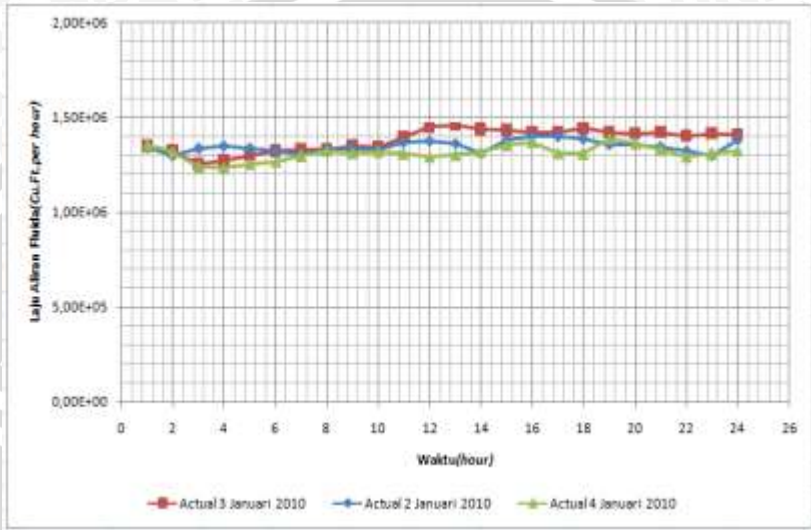
Grafik 4.2 menunjukkan hasil perhitungan menurut AGA-3 pada pipa-A. Didapatkan jumlah kapasitas aliran fluida yang mengalir rata-rata sebesar $31,7 \times 10^6 \text{ cu. ft. per day}$. Sehingga ketidakpastian pengukuran yang dapat dihitung menggunakan persamaan;

$$\frac{\Delta Q}{\bar{Q}} = \frac{(\Sigma \text{Perhitungan Actual} - \Sigma \text{Perhitungan AGA-3})}{\Sigma \text{Perhitungan AGA-3}} \quad (4.2)$$

Dari hasil perhitungan didapatkan penyimpangan pengukuran pada tanggal dua januari 2010 sampai empat januari 2010 berturut-turut sebesar $\pm 0,27\%$, $\pm 0,06\%$ dan $\pm 0,03\%$. Besar ketidakpastian pengukuran yang sangat kecil menunjukkan hasil pengukuran yang cukup akurat dalam menggunakan orifice meter dengan $\beta=0,64$ pada sistem pemeteran gas PKG.

Pada grafik 4.2 diperoleh laju aliran fluida gas terendah pada $1,23 \times 10^6 \text{ cu. ft. per hour}$ dan tertinggi pada $1,46 \times 10^6 \text{ cu. ft. per hour}$. Perhitungan secara aktual atau AGA-3 didapatkan rata-rata laju aliran fluida gas yang mengalir sebesar $1,32 \times 10^6 \text{ cu. ft. per hour}$.

Σ Total "Actual 2 Januari"= 32324644,23 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari"= 33087842,02 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari"= 31492477,12 Cu.Ft per day



Grafik 4.3 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu PKG-B

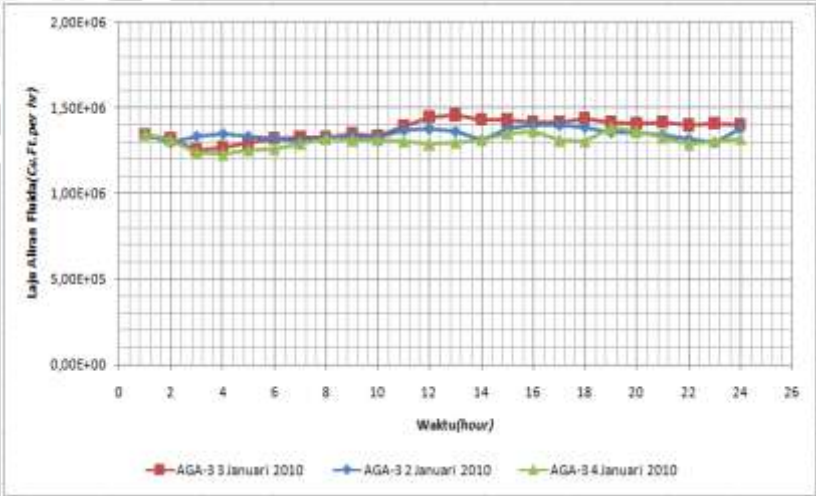
Pada laju aliran fluida gas yang diterima PKG pada pipa-B yang dihitung secara aktual dalam grafik 4.3 rata-rata sebesar $32,1 \times 10^6$ cu.ft per day. Sedangkan dalam perhitungan menurut AGA-3 (grafik 4.4) didapatkan hasil rata-rata kapasitas aliran sebesar $32,2 \times 10^6$ cu.ft per day. Untuk penyimpangan pengukuran atau deviasi dalam waktu tiga hari pada PKG-B berturut-turut didapatkan sebesar $\pm 0,01\%$, $\pm 0,23\%$, dan $0,23\%$.

Hasil perhitungan untuk laju aliran fluida gas terendah diperoleh $1,23 \times 10^6$ cu.ft. per hour dan tertinggi didapatkan $1,46 \times 10^6$ cu.ft. per hour. Sedangkan untuk rata-rata laju aliran fluida gas didapatkan $1,33 \times 10^6$ cu.ft. per hour.

Kapasitas aliran fluida gas yang diterima PKG dalam satu hari diperoleh dapat dihitung sebesar $63,4 \times 10^6$ cu.ft. per day. Kapasitas aliran fluida gas tersebut dibagi dalam dua bagian pipa A dan B untuk memudahkan pengukuran. Pada masing-masing pipa pengukuran menggunakan orifice meter dengan $\beta=0,64$ memiliki nilai ketidakpastian (*uncertainty*) yang kecil. Maka dengan

ketidakpastian yang sangat rendah, nilai akurasi dari orifice meter untuk pengukuran aliran fluida gas ke PKG sangat baik untuk proses pengukuran.

Σ Total "AGA-3 2 Januari"= 32321300 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 3 Januari"= 33008660 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 4 Januari"= 31401670 Cu.Ft per day



Grafik 4.4 Laju aliran fluida secara AGA-3 terhadap waktu PKG-B

4.11.2 Laju Aliran Fluida pada PJB

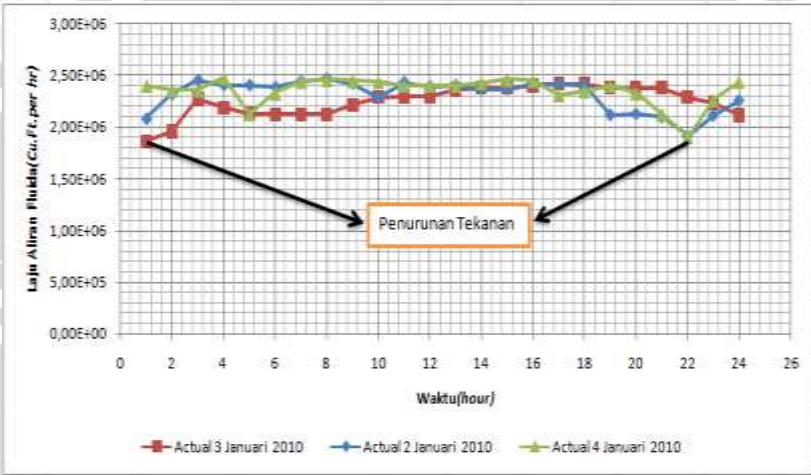
Laju aliran fluida gas yang diterima oleh PJB pipa-A dapat dilihat pada grafik 4.5 dibawah ini. Garis berwarna merah menunjukkan laju aliran fluida pada tanggal dua januari 2010, berwarna biru pada tanggal tiga januari 2010 dan berwarna hijau pada tanggal empat januari 2010.

Dalam hasil perhitungan secara aktual diperoleh kapasitas aliran rata-rata $55,33 \times 10^6$ cu.ft. per day. Sedangkan menurut perhitungan AGA-3 dalam grafik 4.6 juga didapatkan rata-rata kapasitas aliran fluida yang mengalir sebesar $50,83 \times 10^6$ cu.ft. per day.

Ketidakpastian pengukuran pada laju aliran fluida gas pada pipa-A diperoleh $\pm 0,29\%$, $\pm 0,433\%$ dan $\pm 0,51\%$ dalam tiga hari

pengukuran. Kemudian untuk pipa-B berturut-turut didapatkan $\pm 0,28\%$, $\pm 0,22\%$ dan $\pm 0,27\%$.

Σ Total "Actual 2 Januari"= 55627401,81 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari"= 54016667,57 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari"= 56492040,24 Cu.Ft per day

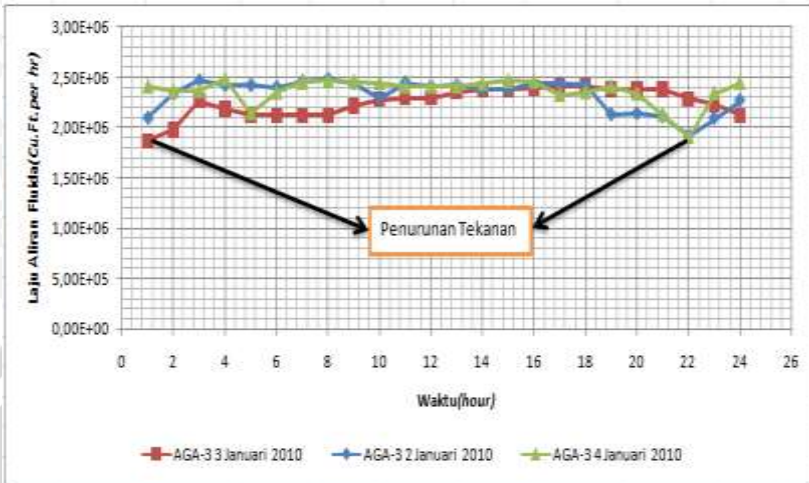


Grafik 4.5 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu PJB-A

Dalam grafik perhitungan secara aktual dengan AGA-3 memiliki hasil perhitungan baik. Hasil perhitungan yang baik ditunjukkan dengan pengulangan (*repeatibility*) dengan hasil yang hampir sama dan memiliki akurasi pengukuran yang tinggi. Hasil perhitungan membuktikan bahwa orifice meter pada PJB-A masih dalam keadaan baik untuk pengukuran.

Pada grafik 4.5 menunjukkan laju aliran fluida gas terendah $1,86 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dan terbesar $2,45 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Rata-rata laju aliran fluida gas yang mengalir $2,3 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Grafik 4.5 juga menunjukkan bahwa terdapat dua kali penurunan tekanan sehingga laju aliran fluida gas menurun. Nilai laju fluida gas yang rendah akibat penurunan tekanan adalah $1,86 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dan $1,90 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$.

Σ Total "AGA-3 2 Januari"= 55793280 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 3 Januari"= 53858740 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 4 Januari"= 56821600 Cu.Ft per day

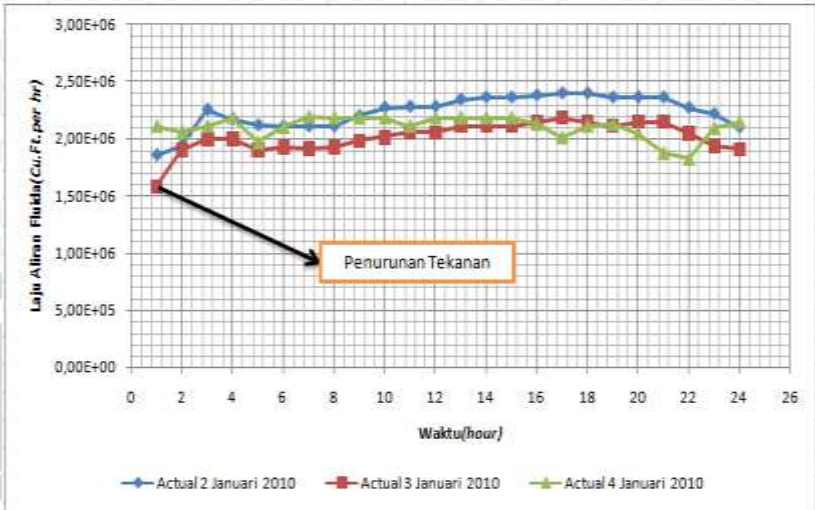


Grafik 4.6 Laju aliran fluida secara AGA-3 terhadap waktu PJB-A

Sedangkan untuk kapasitas laju aliran fluida PJB pipa-B secara aktual (grafik 4.7) didapatkan kapasitas aliran fluida sebesar $55,43 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$. Untuk perhitungan secara AGA-3 (grafik 4.8) didapatkan kapasitas rata-rata aliran fluida gas $55,43 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$. Sedangkan untuk ketidakpastian pengukuran didapatkan $\pm 0,28\%$, $\pm 0,22$ dan $\pm 0,27\%$.

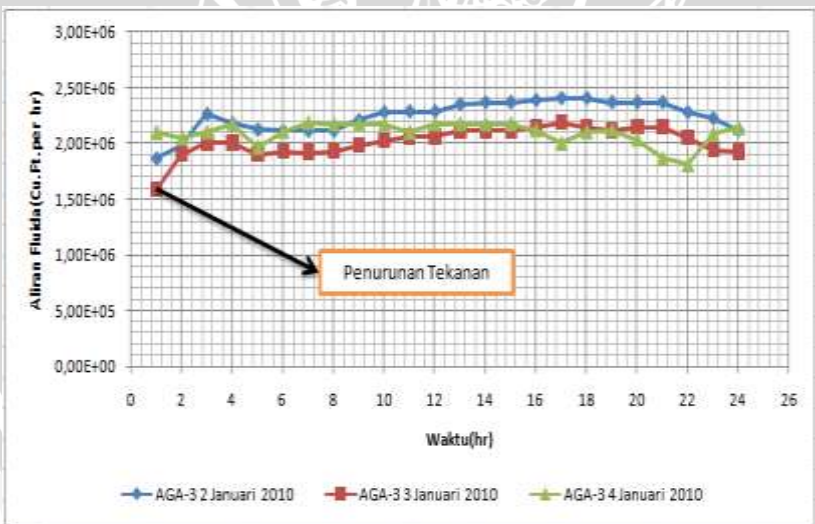
Grafik 4.6 dapat menunjukkan laju aliran fluida gas yang terendah $1,86 \times 10^6 \text{ Cu.ft. per hour}$ dan tertinggi $2,43 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Rata-rata laju aliran fluida gas yang mengalir $2,3 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Grafik 4.6 juga menunjukkan terjadinya penurunan tekanan sama seperti perhitungan secara aktual. Besar laju aliran fluida akibat penurunan tekanan adalah $1,86 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dan $1,91 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$.

Σ Total "Actual 2 Januari"= 53703527,47 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari"= 48333857,74 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari"= 50549424,72 Cu.Ft per day



Grafik 4.7 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu PJB-B

Σ Total "AGA-3 2 Januari" = 53859040 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 3 Januari" = 48442130 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 4 Januari" = 50412490 Cu.Ft per day



Grafik 4.8 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu PJB-B

Pada pipa-B untuk perhitungan secara aktual (grafik 4.7) diperoleh rata-rata laju aliran fluida gas $2,11 \times 10^6 \text{ Cu.ft. per hour}$. Perhitungan secara aktual pipa-B juga menunjukkan adanya penurunan tekanan seperti pada pipa-B. Besar laju aliran fluida gas akibat penurunan tekanan adalah $1,58 \times 10^6 \text{ Cu.ft. per hour}$. Kemudian untuk perhitungan dengan AGA-3 seperti pada grafik 4.8 diperoleh rata-rata laju aliran fluida gas $2,11 \times 10^6 \text{ Cu.ft. per hour}$. Grafik 4.8 juga menunjukkan adanya penurunan tekanan sehingga besar laju aliran fluida gas menurun menjadi $1,58 \times 10^6 \text{ Cu.ft. per hour}$.

Kapasitas total aliran fluida gas yang diterima PT Pembangkit Jawa-Bali yakni $106,16 \times 10^6 \text{ cu.ft per day}$. Dengan pembagian $55,33 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$ untuk pipa-A dan $50,83 \times 10^6 \text{ cu.ft per day}$ untuk pipa-B.

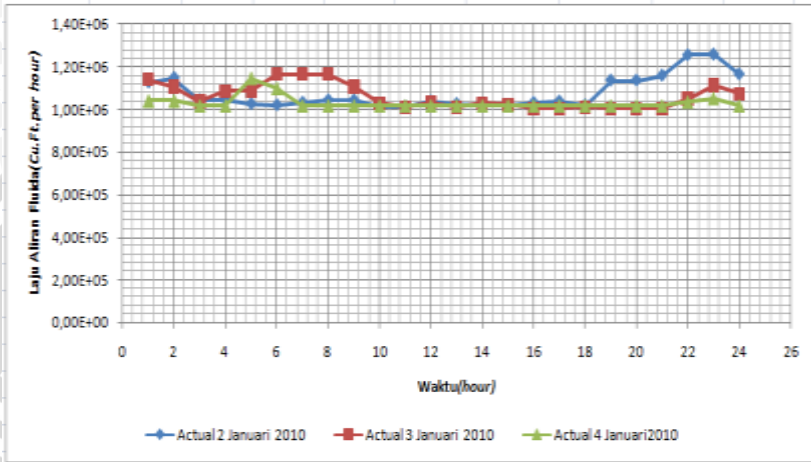
4.11.3 Laju Aliran Fluida pada PGN

Laju aliran fluida secara aktual pada PGN pipa-A sebesar $25,3 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$. Grafik 4.9 menunjukkan kapasitas laju aliran fluida gas ke PGN pipa-A. Garis berwarna merah menunjukkan laju aliran fluida pada tanggal dua Januari 2010, berwarna biru pada tanggal tiga Januari 2010 dan berwarna hijau pada tanggal empat Januari 2010.

Grafik 4.9 menunjukkan laju aliran fluida gas dengan perhitungan secara aktual. Hasil perhitungan secara aktual didapatkan rata-rata laju aliran fluida gas $1,5 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Pada grafik 4.9 juga menunjukkan tidak ada penurunan laju aliran fluida gas, tetapi justru sebaliknya terjadi kenaikan laju aliran fluida gas. Kenaikan laju aliran fluida gas ditunjukkan dengan meningkatnya kurva pada grafik 4.9. Hasil perhitungan menunjukkan laju aliran fluida terendah $1,00 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dan terbesar $1,25 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$.

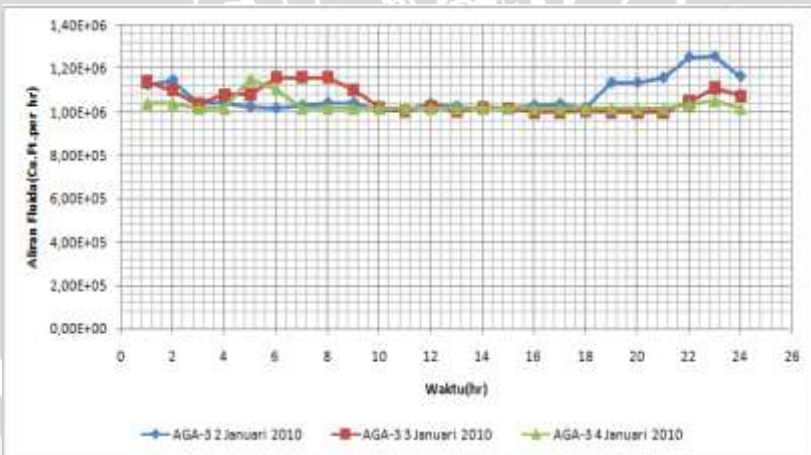
Sedangkan untuk perhitungan dengan AGA-3 seperti pada grafik 4.10 diperoleh rata-rata laju aliran fluida gas $1,05 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Kemudian untuk laju aliran fluida gas terendah didapatkan $1 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dan tertinggi $1,26 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$.

Σ Total "Actual 2 Januari" = 25871737,23 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari" = 25457416,87 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari" = 24766270,53 Cu.Ft per day



Grafik 4.9 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu PG-N-A

Σ Total "AGA-3 2 Januari" = 25812340 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 3 Januari" = 25345200 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 4 Januari" = 24709580 Cu.Ft per day



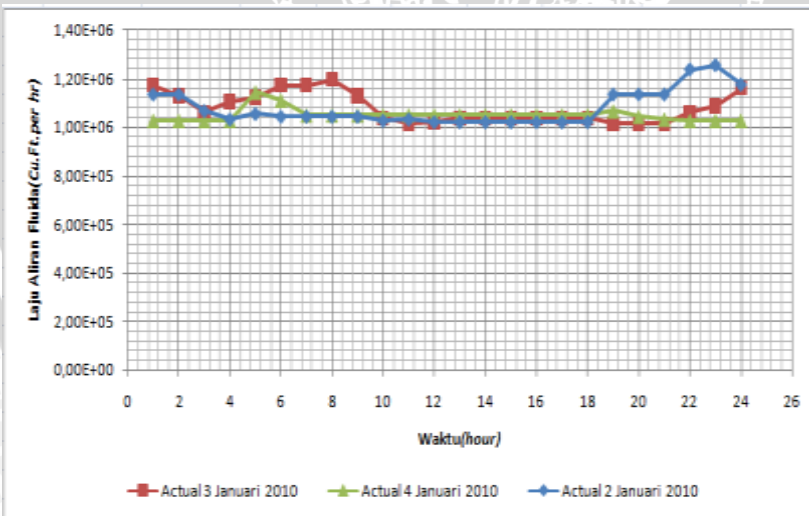
Grafik 4.10 Laju aliran fluida secara AGA-3 terhadap waktu PG-N-A

Kemudian untuk kapasitas rata-rata aliran fluida gas yang mengalir pada pipa-B seperti yang ditunjukkan grafik 4.11 didapatkan $25,56 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$ atau $1,07 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ untuk perhitungan secara aktual. Laju aliran fluida gas terendah didapatkan $1,01 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dan tertinggi $1,25 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$.

Selanjutnya untuk perhitungan dengan AGA-3 (grafik 4.12) didapatkan kapasitas aliran yang mengalir sebesar $25,57 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$ atau $1,06 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Laju aliran fluida yang terendah $1,01 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dan tertinggi $1,25 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Sedangkan untuk penyimpangan pengukuran dalam tiga hari didapatkan $\pm 0,07\%$, $\pm 0,25\%$ dan $\pm 0,21\%$.

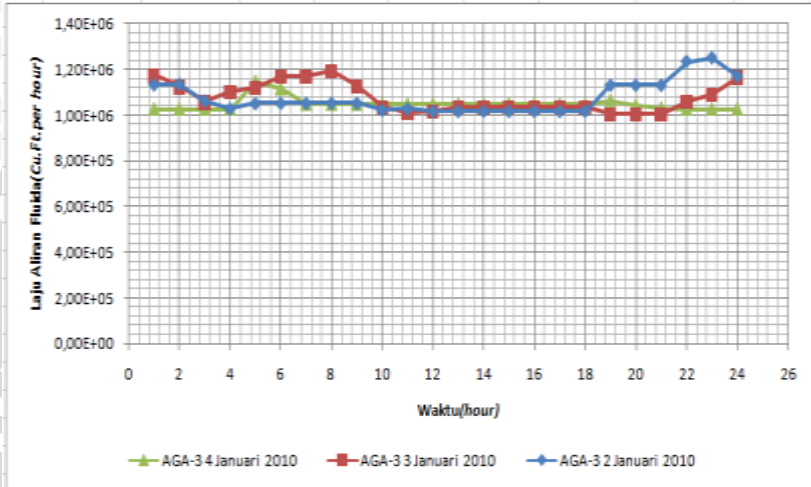
Kapasitas total laju aliran fluida yang mengalir pada PGN sebesar $50,86 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$. Dengan pembagian $25,3 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$ dan $25,56 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$ pada masing-masing pipa sistem pemeteran gas.

Σ Total *Actual 2 Januari* = 25878865,95 Cu.Ft per day
 Σ Total *Actual 3 Januari* = 25898725,09 Cu.Ft per day
 Σ Total *Actual 3 Januari* = 25193283,43 Cu.Ft per day



Grafik 4.11 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu PGN-B

Σ Total "AGA-3 2 Januari" = 25859760 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 3 Januari" = 25833140 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 4 Januari" = 25141180 Cu.Ft per day



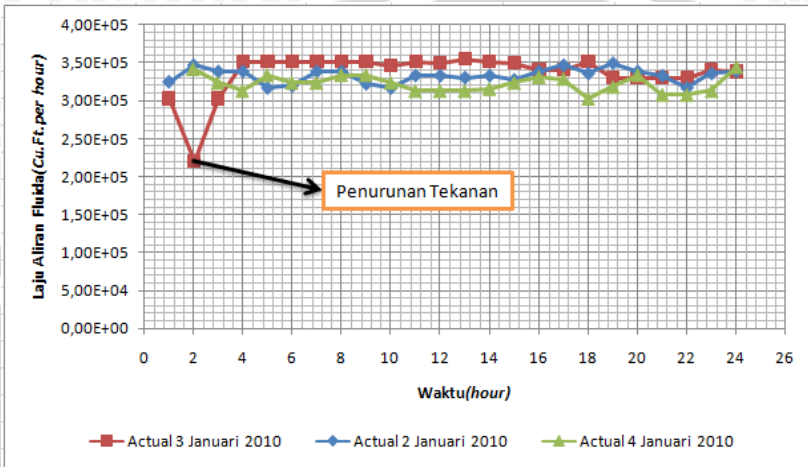
Grafik 4.12 Laju aliran fluida secara AGA-3 terhadap waktu PGN-B

4.11.4 Laju Aliran Fluida pada MKS

Laju aliran fluida yang diterima MKS pada pipa-A jika dihitung secara aktual didapatkan $7,86 \times 10^6$ cu.ft per day. Sedangkan jika dihitung menurut AGA-3 didapatkan rata-rata aliran fluida gas yang mengalir sebesar $7,90 \times 10^6$ cu.ft per day. Kemudian untuk ketidakpastian pengukuran didapatkan $\pm 0,42\%$, $\pm 0,32\%$ dan $\pm 0,43\%$. Garis berwarna merah menunjukkan laju aliran fluida pada tanggal dua januari 2010, berwarna biru pada tanggal tiga januari 2010 dan berwarna hijau pada tanggal empat januari 2010.

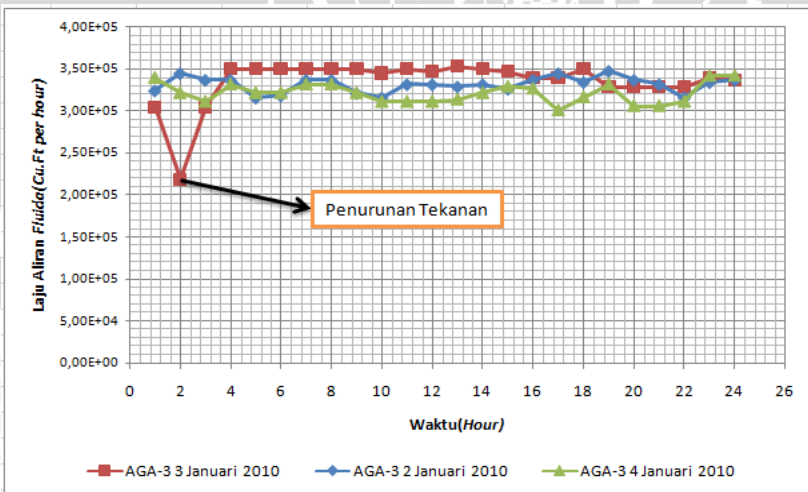
Dalam grafik 4.13 dapat dilihat pada pengukuran tiga januari 2010 MKS-A terjadi hasil pengukuran yang berbeda terhadap hasil pengukuran yang lainnya. Perbedaan hasil pengukuran disebabkan rendahnya nilai perbedaan tekanan dalam aliran fluida gas. Grafik 4.13 menunjukkan terjadinya penurunan laju aliran fluida gas menjadi $0,22 \times 10^6$ cu.ft per hour. Laju aliran fluida gas terendah $0,22 \times 10^6$ cu.ft per hour dan tertinggi $0,35 \times 10^6$ cu.ft per hour.

Σ Total "Actual 2 Januari" = 7990072,149 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari" = 8076160,104 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari" = 7750135,027 Cu.Ft per day



Grafik 4.13 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu MKS-A

Σ Total "AGA-3 2 Januari" = 7956470 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 3 Januari" = 8050190 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 4 Januari" = 7716700 Cu.Ft per day

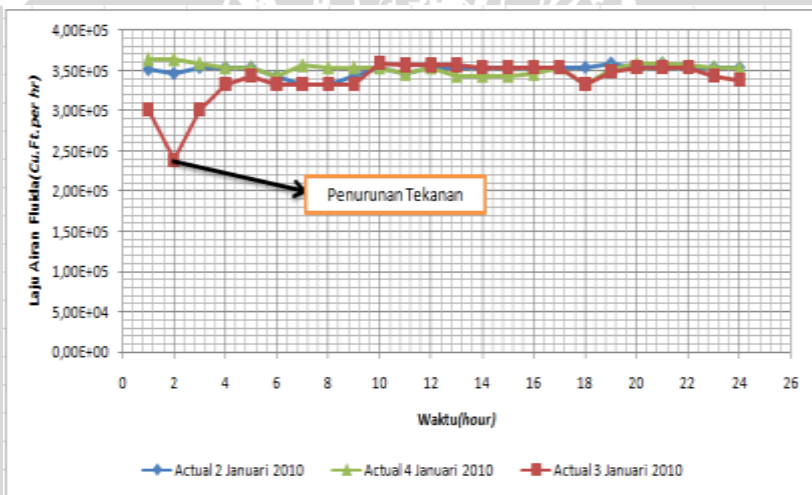


Grafik 4.14 Laju aliran fluida secara AGA-3 terhadap waktu MKS-A

Sedangkan untuk laju aliran fluida gas rata-rata per hari MKS pada pipa-B diperoleh $8,2 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$ secara perhitungan aktual (grafik 4.15) dan $8,2 \times 10^6 \text{ cu.ft. per day}$ menurut perhitungan AGA-3 (grafik 4.16). Hasil pengukuran memperoleh penyimpangan pengukuran pada pipa-B didapatkan $\pm 0,258\%$, $\pm 0,067\%$ dan $\pm 0,2\%$.

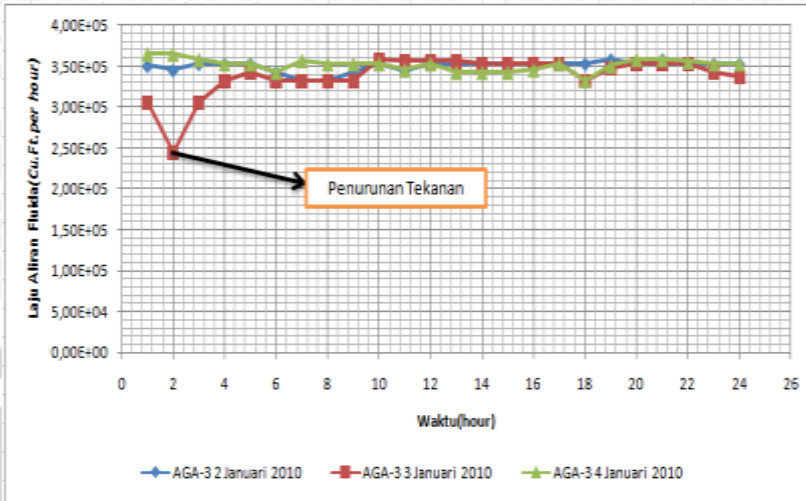
Pada grafik 4.14 merupakan hasil perhitungan untuk laju aliran fluida gas dengan AGA-3. Pada grafik 4.14 menunjukkan adanya penurunan tekanan (*drop pressure*) sehingga laju aliran fluida menjadi $0,21 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$. Hasil perhitungan menunjukkan rata-rata laju aliran fluida gas $0,34 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dengan laju aliran fluida terendah $0,21 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$ dan tertinggi $0,35 \times 10^6 \text{ cu.ft. per hour}$.

Σ Total "Actual 2 Januari" = 8417973,310 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari" = 8116401,342 Cu.Ft per day
 Σ Total "Actual 3 Januari" = 8449170,415 Cu.Ft per day



Grafik 4.15 Laju aliran fluida secara aktual terhadap waktu MKS-B

Σ Total "AGA-3 2 Januari" = 8396230 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 3 Januari" = 8110910 Cu.Ft per day
 Σ Total "AGA-3 4 Januari" = 8422110 Cu.Ft per day



Grafik 4.16 Laju aliran fluida secara AGA-3 terhadap waktu MKS-B

Hasil perhitungan secara aktual pada pipa-B ditunjukkan grafik 4.15. Laju aliran fluida gas rata-rata didapatkan $0,34 \times 10^6 \text{ cu.ft per hour}$. Grafik 4.15 juga menunjukkan adanya penurunan tekanan sehingga laju aliran fluida gas menjadi $0,23 \times 10^6 \text{ cu.ft per hour}$, kemudian laju aliran fluida gas terendah $0,23 \times 10^6 \text{ cu.ft per hour}$ dan tertinggi $0,35 \times 10^6 \text{ cu.ft per hour}$.

Selanjutnya dari perhitungan laju aliran fluida gas dengan AGA-3 ditunjukkan pada grafik 4.16. Grafik 4.16 menunjukkan pola yang sama terhadap grafik 4.15, yang mana mempunyai penurunan tekanan sehingga laju aliran fluida gas menurun. Rata-rata laju aliran fluida gas didapatkan $0,34 \times 10^6 \text{ cu.ft per hour}$ dengan laju aliran fluida gas terendah $0,24 \times 10^6 \text{ cu.ft per hour}$ dan tertinggi $0,36 \times 10^6 \text{ cu.ft per hour}$.

Rata-rata kapasitas total laju aliran fluida gas yang diterima MKS adalah $16,2 \times 10^6 \text{ Cu. Ft. per day}$.

4.12 Kapasitas Total Aliran Fluida (Gas Alam)

Tabel 4.15 menunjukkan kapasitas total aliran fluida gas yang diproses pada ORF (*Onshore Receiving Facility*) Gresik didapatkan;

Tabel 4.15 Kapasitas total laju aliran fluida gas

Konsumen	Kapasitas Aliran Fluida ($10^6 \text{Cu. Ft. perday}$)
PKG	63,40
PJB	106,16
PGN	50,86
MKS	16,20
Σ TOTAL ALIRAN	236,62

Berdasarkan tabel 4.15 dapat diketahui bahwa rata-rata kapasitas total aliran fluida gas alam $236,62 \times 10^6 \text{cu. ft. perday}$. Untuk pemakai laju aliran fluida gas terbesar adalah PJB, $106,86 \times 10^6 \text{cu. ft. perday}$ dan pemakai laju aliran fluida gas terendah adalah MKS, $16,20 \times 10^6 \text{cu. ft. perday}$. Jumlah aliran fluida diperoleh bahwa mempunyai nilai sebanding dengan besar nilai konstanta orifice meter dan koefisien *discharge*.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sistem pemeteran gas menggunakan orifice meter untuk proses pengukuran laju aliran fluida gas memiliki konstanta orifice yang stabil atau konstan. Beberapa orifice meter yang memiliki perubahan konstanta orifice meter yang sangat kecil akibat perubahan tekanan (*differential pressure*) didalam pipa. Nilai akurasi yang tinggi dalam pengukuran dan pengulangan hasil pengukuran yang sama dalam pengukuran menunjukkan bahwa orifice meter masih sangat layak untuk digunakan dalam pengukuran. Koefisien *discharge* hasil dari pengukuran memiliki nilai yang cukup tinggi pada masing-masing orifice meter.

Laju aliran fluida gas yang diproduksi mempunyai kapasitas total sebesar $236,62 \times 10^6 \text{ cu.ft per day}$. Dengan permintaan produksi gas ke konsumen;

Tabel 4.16 Total laju aliran fluida gas

Konsumen	Kapasitas Aliran Fluida ($10^6 \text{ Cu. Ft. per day}$)
PKG	63,40
PJB	106,16
PGN	50,86
MKS	16,20
Σ TOTAL ALIRAN	236,62

5.2 Saran

Untuk pengukuran lebih lanjut masih diperlukan penelitian lebih mendalam mengenai kandungan gas yang mengalir pada orifice meter. Pengukuran kandungan gas dapat mengetahui jenis-jenis gas yang terkandung dalam sistem pemeteran gas, sehingga akan diperoleh nilai energi.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- American Gas Association Report No.3, 2003 “*Orifice Metering of Natural Gas and Other Related Hydrokarbon Fluids*”.
- American Society of Mechanical Engineers (ASME). 2001. “*Measurement of fluid flow using small bore precision orifice meters*”
- International Organization of Standards. 2003.”*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices, Part 1: Orifice plates, nozzles, and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full*”.
- Britton, C. L, Caldwell, S and Seidi, W, 1998, “*Measurments of Coefficients of Discharge for Concentric, Flange-Tapped, Square-Edged Orifice Meters in White Mineral Oil Over a Low Reynolds Number Range*”, American Petroleum Institute, Washington, D.C.
- International Organization of Standards (ISO 5167-1) Amendment 1. 1998. “*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices, Part 1: Orifice plates, nozzles, and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full*”.
- Kahar, Sardjono, 2009 “*Module Advance Separator Operations & Gas Measurement*”, PT Kodeco Energy Co., Ltd.
- Munson, Bruce R., Young, Donald F and Okiishi, Theodore H. 2006. “*Mekanika Fluida (Jilid 2)*”. Erlangga. Jakarta
- Whetstone, J.R Cleveland, W. G., Baumgarten, G. P and Woo, S, 1989. “ *Measurments of Coefficients of Discharge for Conceric, Flange-Tapped, Square-Edged Orifice Meters in Water Over a Reynolds Number Range of 600 to 2.700.000*”. National Institute of Standards and Technology, Washington, D.C

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 1

Contoh pemrosesan data awal – akhir pada MKS-A

PENGUKURAN GAS MEASUREMENT MKS-A

Spesifikasi Orifice	d(mm)	D(mm)	E(mm)	e(mm)	α°	d(inci)	D(inci)
	96,37	214,06	6,2	3,38	45	3,805	8,451

Koefisien Pengukuran	Pengukuran Faktor Orifice
β (Rasio d/D)	Ftf 1,063
Sg(Spesifik Gravity)	Fg 1,291
Pb(Tekanan dasar)	Fpb 1,000
Tb(Temperatur dasar)	Ftb 1,000
b(Koefisien Bil. Reynold's)	Fb 3093,610
Cd(Koefisien <i>Discharge</i>)	Fpv 1,023

Mc(Mol Percent Carbon dioksida)	0,6087
Mn(Mol Percent Nitrogen)	0,0856
Kp(Konstanta Tekanan)	-0,153
Kt(Konstanta Temperatur)	1,1088
Fp(Faktor Tekanan)	1,0009
Ft(Faktor Temperatur)	1,0001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 2
Contoh Perhitungan 2 Januari 2010 MKS-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
06.16-06.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
06.31-06.45	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
06.46-07.00	1,000347988	3996,091919	76651,8244	324,21
07.01-07.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
07.16-07.30	1,000296813	3995,887492	89863,05884	
07.31-07.45	1,000305808	3995,923421	87220,81196	
07.46-08.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	344,84
08.01-08.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
08.16-08.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
08.31-08.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
08.46-09.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	336,83
09.01-09.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
09.16-09.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
09.31-09.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
09.46-10.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	336,83
10.01-10.15	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
10.16-10.30	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
10.31-10.45	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
10.46-11.00	1,000336388	3996,045582	79294,07129	315,77
11.00-11.15	1,000336388	3996,045582	79294,07129	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.16-11.30	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
11.31-11.45	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
11.46-12.00	1,000325537	3996,002235	81936,31818	318,44
12.00-12.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
12.16-12.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
12.31-12.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
12.46-13.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	336,83
13.00-13.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
13.16-13.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
13.31-13.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
13.45-14.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	336,83
14.01-14.15	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
14.16-14.30	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
14.31-14.45	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
14.46-15.00	1,000336388	3996,045582	79294,07129	321,08
15.01-15.15	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
15.16-15.30	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
15.31-15.45	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
15.46-16.00	1,000336388	3996,045582	79294,07129	315,77
16.01-16.15	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
16.16-16.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
16.31-16.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.46-17.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	331,69
17.01-17.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
17.16-17.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
17.31-17.45	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
17.46-18.00	1,000325537	3996,002235	81936,31818	331,61
18.01-18.15	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
18.16-18.30	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
18.31-18.45	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
18.46-18.60	1,000315364	3995,961597	84578,56507	328,97
19.01-19.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
19.16-19.30	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
19.31-19.45	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
19.46-20.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	331,61
20.01-20.15	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
20.16-20.30	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
20.31-20.45	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
20.46-21.00	1,000325537	3996,002235	81936,31818	326,3
21.01-21.15	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
21.16-21.30	1,000325537	3996,002235	81936,31818	
21.31-21.45	1,000305808	3995,923421	87220,81196	
21.46-22.00	1,000305808	3995,923421	87220,81196	337

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,000305808	3995,923421	87220,81196	
22.16-22.30	1,000305808	3995,923421	87220,81196	
22.31-22.45	1,000305808	3995,923421	87220,81196	
22.46-23.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	344,76
23.01-23.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
23.16-23.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
23.31-23.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
23.46-24.00	1,000325537	3996,002235	81936,31818	334,23
00.01-00.15	1,000296813	3995,887492	89863,05884	
00.16-00.30	1,000296813	3995,887492	89863,05884	
00.31-00.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
00.46-01.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	347,52
01.01-01.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
01.16-01.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
01.31-01.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
01.46-02.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	336,83
02.01-02.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
02.16-02.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
02.31-02.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
02.46-03.00	1,000336388	3996,045582	79294,07129	331,69
03.01-03.15	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
03.16-03.30	1,000336388	3996,045582	79294,07129	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.31-03.45	1,000336388	3996,045582	79294,07129	
03.46-04.00	1,000336388	3996,045582	79294,07129	315,77
04.01-04.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
04.16-04.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
04.31-04.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
04.46-05.00	1,000325537	3996,002235	81936,31818	334,23
05.01-05.15	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
05.16-05.30	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
05.31-05.45	1,000315364	3995,961597	84578,56507	
05.46-06.00	1,000315364	3995,961597	84578,56507	336,83

Σ Aktual 7990072,149 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 7956,47 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 3
Contoh Perhitungan 3 Januari 2010 MKS-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
06.16-06.30	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
06.31-06.45	1,000484255	3991,855501	55023,93084	
06.46-07.00	1,000322837	3991,211454	82522,57989	305,01
07.01-07.15	1,000484255	3991,855501	55023,93084	
07.16-07.30	1,000484255	3991,855501	55023,93084	
07.31-07.45	1,000484255	3991,855501	55023,93084	
07.46-08.00	1,000484255	3991,855501	55023,93084	219,13
08.01-08.15	1,000484255	3991,855501	55023,93084	
08.16-08.30	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
08.31-08.45	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
08.46-09.00	1,000322837	3991,211454	82522,57989	305,01
09.01-09.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
09.16-09.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
09.31-09.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
09.46-10.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,61
10.01-10.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
10.16-10.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
10.31-10.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
10.46-11.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,61

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
11.16-11.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
11.31-11.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
11.46-12.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,61
12.00-12.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
12.16-12.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
12.31-12.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
12.46-13.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,61
13.00-13.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
13.16-13.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
13.31-13.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
13.45-14.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,61
14.01-14.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
14.16-14.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
14.31-14.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
14.46-15.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,61
15.01-15.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
15.16-15.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
15.31-15.45	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
15.46-16.00	1,000312423	3991,169903	85272,4448	345,18
16.01-16.15	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
16.16-16.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.31-16.45	1,000293488	3991,094355	90772,17461	
16.46-17.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,7
17.01-17.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
17.16-17.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
17.31-17.45	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
17.46-18.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	347,9
18.01-18.15	1,000293488	3991,094355	90772,17461	
18.16-18.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
18.31-18.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
18.46-18.60	1,00030266	3991,130948	88022,3097	353,38
19.01-19.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
19.16-19.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
19.31-19.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
19.46-20.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,61
20.01-20.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
20.16-20.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
20.31-20.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
20.46-21.00	1,000312423	3991,169903	85272,4448	347,9
21.01-21.15	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
21.16-21.30	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
21.31-21.45	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
21.46-22.00	1,000312423	3991,169903	85272,4448	339,65

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
22.16-22.30	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
22.31-22.45	1,000312423	3991,169903	85272,4448	
22.46-23.00	1,000312423	3991,169903	85272,4448	339,65
23.01-23.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
23.16-23.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
23.31-23.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
23.46-24.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	350,61
00.01-00.15	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
00.16-00.30	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
00.31-00.45	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
00.46-01.00	1,000322837	3991,211454	82522,57989	328,69
01.01-01.15	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
01.16-01.30	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
01.31-01.45	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
01.46-02.00	1,000322837	3991,211454	82522,57989	328,69
02.01-02.15	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
02.16-02.30	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
02.31-02.45	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
02.46-03.00	1,000322837	3991,211454	82522,57989	328,69
03.01-03.15	1,000322837	3991,211454	82522,57989	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.16-03.30	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
03.31-03.45	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
03.46-04.00	1,000322837	3991,211454	82522,57989	328,69
04.01-04.15	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
04.16-04.30	1,000322837	3991,211454	82522,57989	
04.31-04.45	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
04.46-05.00	1,00030266	3991,130948	88022,3097	339,83
05.01-05.15	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
05.16-05.30	1,00030266	3991,130948	88022,3097	
05.31-05.45	1,000333969	3991,255871	79772,71499	
05.46-06.00	1,000322837	3991,211454	82522,57989	337,21

Σ Aktual 8076160,104 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 8050,19 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 4
Contoh Perhitungan 4 Januari 2010 MKS-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
06.16-06.30	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
06.31-06.45	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
06.46-07.00	1,000319968	3995,979989	83361,92753	339,82
07.01-07.15	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
07.16-07.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
07.31-07.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
07.46-08.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	321,76
08.01-08.15	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
08.16-08.30	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
08.31-08.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
08.46-09.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	311,21
09.01-09.15	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
09.16-09.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
09.31-09.45	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
09.46-10.00	1,000319968	3995,979989	83361,92753	331,97
10.01-10.15	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
10.16-10.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
10.31-10.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
10.46-11.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	321,76

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
11.16-11.30	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
11.31-11.45	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
11.46-12.00	1,000319968	3995,979989	83361,92753	321,76
12.00-12.15	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
12.16-12.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
12.31-12.45	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
12.46-13.00	1,000319968	3995,979989	83361,92753	331,97
13.00-13.15	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
13.16-13.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
13.31-13.45	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
13.45-14.00	1,000319968	3995,979989	83361,92753	331,97
14.01-14.15	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
14.16-14.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
14.31-14.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
14.46-15.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	321,76
15.01-15.15	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
15.16-15.30	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
15.31-15.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
15.46-16.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	311,21
16.01-16.15	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
16.16-16.30	1,000341299	3996,065201	78153,4736	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.31-16.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
16.46-17.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	311,21
17.01-17.15	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
17.16-17.30	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
17.31-17.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
17.46-18.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	311,21
18.01-18.15	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
18.16-18.30	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
18.31-18.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
18.46-18.60	1,00033029	3996,02122	80757,70057	313,84
19.01-19.15	1,00033029	3996,02122	80757,70057	
19.16-19.30	1,00033029	3996,02122	80757,70057	
19.31-19.45	1,00033029	3996,02122	80757,70057	
19.46-20.00	1,00033029	3996,02122	80757,70057	321,59
20.01-20.15	1,00033029	3996,02122	80757,70057	
20.16-20.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
20.31-20.45	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
20.46-21.00	1,000319968	3995,979989	83361,92753	329,4
21.01-21.15	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
21.16-21.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
21.31-21.45	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
21.46-22.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	326,9

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,000353068	3996,112214	75549,24663	
22.16-22.30	1,000353068	3996,112214	75549,24663	
22.31-22.45	1,000353068	3996,112214	75549,24663	
22.46-23.00	1,000353068	3996,112214	75549,24663	300,83
23.01-23.15	1,000353068	3996,112214	75549,24663	
23.16-23.30	1,00033029	3996,02122	80757,70057	
23.31-23.45	1,00033029	3996,02122	80757,70057	
23.46-24.00	1,00033029	3996,02122	80757,70057	316,53
00.01-00.15	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
00.16-00.30	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
00.31-00.45	1,000319968	3995,979989	83361,92753	
00.46-01.00	1,000319968	3995,979989	83361,92753	331,97
01.01-01.15	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
01.16-01.30	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
01.31-01.45	1,000353068	3996,112214	75549,24663	
01.46-02.00	1,000353068	3996,112214	75549,24663	306,07
02.01-02.15	1,000353068	3996,112214	75549,24663	
02.16-02.30	1,000353068	3996,112214	75549,24663	
02.31-02.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
02.46-03.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	306,07
03.01-03.15	1,000341299	3996,065201	78153,4736	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.16-03.30	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
03.31-03.45	1,000341299	3996,065201	78153,4736	
03.46-04.00	1,000341299	3996,065201	78153,4736	311,21
04.01-04.15	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
04.16-04.30	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
04.31-04.45	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
04.46-05.00	1,000310272	3995,941256	85966,1545	342,34
05.01-05.15	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
05.16-05.30	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
05.31-05.45	1,000310272	3995,941256	85966,1545	
05.46-06.00	1,000310272	3995,941256	85966,1545	342,34

Σ Aktual 7750135,027 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 7716,7 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 5
Contoh pemrosesan data awal – akhir pada PGN-A

PENGUKURAN GAS MEASUREMENT
PGN-A

Spesifikasi Orifice	d(mm)	D(mm)	E(mm)	s(mm)	α^2	d(inci)	D(inci)
	137,16	214,17	6,2	3,38	45	3,805	8,451

Koefisien Pengukuran	Pengukuran Faktor Orifice
β (Rasio d/D)	F _f 0,983
Sg(Spesifik Gravity)	F _g 1,291
Pb(Tekanan dasar)	F _{pb} 1,000
Tb(Temperatur dasar)	F _{tb} 1,000
b(Koefisien Bil. Reynold's)	F _b 6772,364
Cd(Koefisien <i>Discharge</i>)	F _{pv} 1,026

Mc(Mol Percent Carbon dioksida)	0,6087
Mn(Mol Percent Nitrogen)	0,0856
Kp(Konstanta Tekanan)	-0,153
Ktr(Konstanta Temperatur)	1,1088
Fp(Faktor Tekanan)	1,0009
Ft(Faktor Temperatur)	1,0005

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 6
Contoh Perhitungan 2 Januari 2010 PGN-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000242321	8652,95745	319592,9743	
06.16-06.30	1,000282707	8653,30683	273947,8959	
06.31-06.45	1,000282707	8653,30683	273947,8959	
06.46-07.00	1,000282707	8653,30683	273947,8959	1138,35
07.01-07.15	1,000282707	8653,30683	273947,8959	
07.16-07.30	1,000282707	8653,30683	273947,8959	
07.31-07.45	1,000276938	8653,256919	279653,5307	
07.46-08.00	1,000276938	8653,256919	279653,5307	1101,58
08.01-08.15	1,000276938	8653,256919	279653,5307	
08.16-08.30	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
08.31-08.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
08.46-09.00	1,000308408	8653,529163	251125,3567	1034,39
09.01-09.15	1,000288722	8653,358865	268242,2611	
09.16-09.30	1,000288722	8653,358865	268242,2611	
09.31-09.45	1,000282707	8653,30683	273947,8959	
09.46-10.00	1,000282707	8653,30683	273947,8959	1078,85
10.01-10.15	1,000291827	8653,385722	265389,4437	
10.16-10.30	1,000291827	8653,385722	265389,4437	
10.31-10.45	1,000291827	8653,385722	265389,4437	
10.46-11.00	1,000266078	8653,162968	291064,8003	1082,53

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
11.16-11.30	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
11.31-11.45	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
11.46-12.00	1,000266078	8653,162968	291064,8003	1158,36
12.00-12.15	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
12.16-12.30	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
12.31-12.45	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
12.46-13.00	1,000266078	8653,162968	291064,8003	1158,36
13.00-13.15	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
13.16-13.30	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
13.31-13.45	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
13.45-14.00	1,000266078	8653,162968	291064,8003	1158,36
14.01-14.15	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
14.16-14.30	1,000266078	8653,162968	291064,8003	
14.31-14.45	1,000294999	8653,413163	262536,6263	
14.46-15.00	1,000294999	8653,413163	262536,6263	1102,99
15.01-15.15	1,000294999	8653,413163	262536,6263	
15.16-15.30	1,000294999	8653,413163	262536,6263	
15.31-15.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
15.46-16.00	1,000308408	8653,529163	251125,3567	1022,22
16.01-16.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
16.16-16.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.31-16.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
16.46-17.00	1,000301555	8653,469874	256830,9915	1004,97
17.01-17.15	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
17.16-17.30	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
17.31-17.45	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
17.46-18.00	1,000294999	8653,413163	262536,6263	1027,7
18.01-18.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
18.16-18.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
18.31-18.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
18.46-18.60	1,000301555	8653,469874	256830,9915	1004,97
19.01-19.15	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
19.16-19.30	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
19.31-19.45	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
19.46-20.00	1,000301555	8653,469874	256830,9915	1021,97
20.01-20.15	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
20.16-20.30	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
20.31-20.45	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
20.46-21.00	1,000308408	8653,529163	251125,3567	1016,33
21.01-21.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
21.16-21.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
21.31-21.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
21.46-22.00	1,000308408	8653,529163	251125,3567	999,24

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
22.16-22.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
22.31-22.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
22.46-23.00	1,000308408	8653,529163	251125,3567	999,24
23.01-23.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
23.16-23.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
23.31-23.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
23.46-24.00	1,000301555	8653,469874	256830,9915	1004,97
00.01-00.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
00.16-00.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
00.31-00.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
00.46-01.00	1,000308408	8653,529163	251125,3567	999,24
01.01-01.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
01.16-01.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
01.31-01.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
01.46-02.00	1,000308408	8653,529163	251125,3567	999,24
02.01-02.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
02.16-02.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
02.31-02.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
02.46-03.00	1,000308408	8653,529163	251125,3567	999,24
03.01-03.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.16-03.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
03.31-03.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
03.46-04.00	1,000260961	8653,118702	296770,4351	1047,66
04.01-04.15	1,000260961	8653,118702	296770,4351	
04.16-04.30	1,000256037	8653,076107	302476,0699	
04.31-04.45	1,000301555	8653,469874	256830,9915	
04.46-05.00	1,000301555	8653,469874	256830,9915	1110,51
05.01-05.15	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
05.16-05.30	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
05.31-05.45	1,000308408	8653,529163	251125,3567	
05.46-06.00	1,000242321	8652,95745	319592,9743	1073,93

Σ Aktual 25457416,87 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 25345,2 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 7
Contoh Perhitungan 3 Januari 2010 PGN-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000282707	8831,94765	279603,3381	
06.16-06.30	1,000285683	8831,973925	276691,6265	
06.31-06.45	1,000294999	8832,056178	267956,4917	
06.46-07.00	1,000256037	8831,712164	308720,4542	1125,04
07.01-07.15	1,000251295	8831,6703	314543,8774	
07.16-07.30	1,000260961	8831,755638	302897,031	
07.31-07.45	1,000288722	8832,00076	273779,9149	
07.46-08.00	1,000301555	8832,11406	262133,0685	1146,72
08.01-08.15	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
08.16-08.30	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
08.31-08.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
08.46-09.00	1,000301555	8832,11406	262133,0685	1039,58
09.01-09.15	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
09.16-09.30	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
09.31-09.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
09.46-10.00	1,000301555	8832,11406	262133,0685	1039,58
10.01-10.15	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
10.16-10.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
10.31-10.45	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
10.46-11.00	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1022,29

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
11.16-11.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
11.31-11.45	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
11.46-12.00	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1016,46
12.00-12.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
12.16-12.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
12.31-12.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
12.46-13.00	1,000301555	8832,11406	262133,0685	1029,9
13.00-13.15	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
13.16-13.30	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
13.31-13.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
13.45-14.00	1,000301555	8832,11406	262133,0685	1041,83
14.01-14.15	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
14.16-14.30	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
14.31-14.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
14.46-15.00	1,000301555	8832,11406	262133,0685	1041,83
15.01-15.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
15.16-15.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
15.31-15.45	1,00031558	8832,2379	250486,222	
15.46-16.00	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1012,92

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.01-16.15	1,00031558	8832,2379	250486,222	
16.16-16.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
16.31-16.45	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
16.46-17.00	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1012,92
17.01-17.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
17.16-17.30	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
17.31-17.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
17.46-18.00	1,000301555	8832,11406	262133,0685	1036,08
18.01-18.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
18.16-18.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
18.31-18.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
18.46-18.60	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1024,5
19.01-19.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
19.16-19.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
19.31-19.45	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
19.46-20.00	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1018,66
20.01-20.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
20.16-20.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
20.31-20.45	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
20.46-21.00	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1018,66
21.01-21.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
21.16-21.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
21.31-21.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
21.46-22.00	1,000301555	8832,11406	262133,0685	1030,31
22.01-22.15	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
22.16-22.30	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
22.31-22.45	1,000301555	8832,11406	262133,0685	
22.46-23.00	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1036,08
23.01-23.15	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
23.16-23.30	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
23.31-23.45	1,000308408	8832,174573	256309,6452	
23.46-24.00	1,000308408	8832,174573	256309,6452	1018,66
00.01-00.15	1,000276938	8831,896708	285426,7613	
00.16-00.30	1,000276938	8831,896708	285426,7613	
00.31-00.45	1,000276938	8831,896708	285426,7613	
00.46-01.00	1,000276938	8831,896708	285426,7613	1134,52
01.01-01.15	1,000276938	8831,896708	285426,7613	
01.16-01.30	1,000276938	8831,896708	285426,7613	
01.31-01.45	1,000276938	8831,896708	285426,7613	
01.46-02.00	1,000276938	8831,896708	285426,7613	1134,52
02.01-02.15	1,000271399	8831,847804	291250,1846	
02.16-02.30	1,000271399	8831,847804	291250,1846	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
02.31-02.45	1,000271399	8831,847804	291250,1846	
02.46-03.00	1,000271399	8831,847804	291250,1846	1157,62
03.01-03.15	1,000256037	8831,712164	308720,4542	
03.16-03.30	1,000251295	8831,6703	314543,8774	
03.31-03.45	1,00024899	8831,649944	317455,589	
03.46-04.00	1,000246726	8831,629958	320367,3006	1253,43
04.01-04.15	1,000242321	8831,591057	326190,7239	
04.16-04.30	1,000251295	8831,6703	314543,8774	
04.31-04.45	1,000251295	8831,6703	314543,8774	
04.46-05.00	1,000256037	8831,712164	308720,4542	1256,47
05.01-05.15	1,000260961	8831,755638	302897,031	
05.16-05.30	1,000271399	8831,847804	291250,1846	
05.31-05.45	1,000271399	8831,847804	291250,1846	
05.46-06.00	1,000276938	8831,896708	285426,7613	1163,76

Σ Aktual 25985877,25 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 25812,34 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 8
Contoh Perhitungan 4 Januari 2010 PGN-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000301555	8779,613902	260574,888	
06.16-06.30	1,000301555	8779,613902	260574,888	
06.31-06.45	1,000301555	8779,613902	260574,888	
06.46-07.00	1,000301555	8779,613902	260574,888	1039,16
07.01-07.15	1,000301555	8779,613902	260574,888	
07.16-07.30	1,000301555	8779,613902	260574,888	
07.31-07.45	1,000301555	8779,613902	260574,888	
07.46-08.00	1,000301555	8779,613902	260574,888	1039,16
08.01-08.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
08.16-08.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
08.31-08.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
08.46-09.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
09.01-09.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
09.16-09.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
09.31-09.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
09.46-10.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
10.01-10.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
10.16-10.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
10.31-10.45	1,000260961	8779,257611	301096,54	
10.46-11.00	1,000233965	8779,020668	335829,3845	1151,26

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000233965	8779,020668	335829,3845	
11.16-11.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
11.31-11.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
11.46-12.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1105,86
12.00-12.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
12.16-12.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
12.31-12.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
12.46-13.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
13.00-13.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
13.16-13.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
13.31-13.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
13.45-14.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
14.01-14.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
14.16-14.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
14.31-14.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
14.46-15.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
15.01-15.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
15.16-15.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
15.31-15.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
15.46-16.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.01-16.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
16.16-16.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
16.31-16.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
16.46-17.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
17.01-17.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
17.16-17.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
17.31-17.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
17.46-18.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
18.01-18.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
18.16-18.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
18.31-18.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
18.46-18.60	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
19.01-19.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
19.16-19.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
19.31-19.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
19.46-20.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
20.01-20.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
20.16-20.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
20.31-20.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
20.46-21.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
21.01-21.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
21.16-21.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
21.31-21.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
21.46-22.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
22.01-22.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
22.16-22.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
22.31-22.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
22.46-23.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
23.01-23.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
23.16-23.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
23.31-23.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
23.46-24.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
00.01-00.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
00.16-00.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
00.31-00.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
00.46-01.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
01.01-01.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
01.16-01.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
01.31-01.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
01.46-02.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
02.01-02.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
02.16-02.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
02.31-02.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
02.46-03.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05
03.01-03.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
03.16-03.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
03.31-03.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
03.46-04.00	1,000288722	8779,501275	272152,5028	1033,82
04.01-04.15	1,000282707	8779,448481	277941,3103	
04.16-04.30	1,000294999	8779,556364	266363,6954	
04.31-04.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
04.46-05.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1051,42
05.01-05.15	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
05.16-05.30	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
05.31-05.45	1,000308408	8779,674055	254786,0806	
05.46-06.00	1,000308408	8779,674055	254786,0806	1016,05

Σ Aktual 24766270,53 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 24709,58 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 9
Contoh pemrosesan data awal – akhir pada PJB-A

PENGUKURAN GAS MEASUREMENT
PJB-A

Spesifikasi Orifice	d(mm)	D(mm)	E(mm)	e(mm)	α^2	d(mci)	D(mci)
	177,86	271,39	6,2	3,38	45	3,805	8,451

Koefisien Pengukuran	Pengukuran Faktor Orifice
β (Rasio d/D)	F _{tf} 0,984
Sg(Spesifik Gravity)	F _g 1,291
Pb(Tekanan dasar)	F _{pb} 1,000
Tb(Temperatur dasar)	F _{tb} 1,000
b(Koefisien Bl. Reynold's)	F _b 11421,202
Cd(Koefisien <i>Discharge</i>)	F _{pv} 1,021

Mc(Mol Percent Carbon dioksida)	0,6087
Min(Mol Percent Nitrogen)	0,0856
Kp(Konstanta Tekanan)	-0,153
Kt(Konstanta Temperatur)	1,1088
Fp(Faktor Tekanan)	1,0009
Ft(Faktor Temperatur)	1,0005

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 10
Contoh Perhitungan 2 Januari 2010 PJB-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000238858	14839,81523	556047,6983	
06.16-06.30	1,000247094	14839,93742	537517,2012	
06.31-06.45	1,000270405	14840,28327	491190,9584	
06.46-07.00	1,000265398	14840,20898	500456,2069	2094,51
07.01-07.15	1,000265398	14840,20898	500456,2069	
07.16-07.30	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
07.31-07.45	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
07.46-08.00	1,000217143	14839,49307	611639,1897	2341,6
08.01-08.15	1,000213903	14839,44498	620904,4382	
08.16-08.30	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
08.31-08.45	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
08.46-09.00	1,000217143	14839,49307	611639,1897	2464,52
09.01-09.15	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
09.16-09.30	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
09.31-09.45	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
09.46-10.00	1,000220484	14839,54263	602373,9411	2417,86
10.01-10.15	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
10.16-10.30	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
10.31-10.45	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
10.46-11.00	1,000220484	14839,54263	602373,9411	2417,86

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000227484	14839,64648	583843,444	
11.16-11.30	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
11.31-11.45	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
11.46-12.00	1,000220484	14839,54263	602373,9411	2399,43
12.00-12.15	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
12.16-12.30	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
12.31-12.45	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
12.46-13.00	1,000217143	14839,49307	611639,1897	2455,14
13.00-13.15	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
13.16-13.30	1,000213903	14839,44498	620904,4382	
13.31-13.45	1,000213903	14839,44498	620904,4382	
13.45-14.00	1,000213903	14839,44498	620904,4382	2483,16
14.01-14.15	1,000218801	14839,51766	607006,5654	
14.16-14.30	1,000218801	14839,51766	607006,5654	
14.31-14.45	1,000218801	14839,51766	607006,5654	
14.46-15.00	1,000218801	14839,51766	607006,5654	2436,8
15.01-15.15	1,000234942	14839,75713	565312,9468	
15.16-15.30	1,000234942	14839,75713	565312,9468	
15.31-15.45	1,000234942	14839,75713	565312,9468	
15.46-16.00	1,000223929	14839,59374	593108,6925	2297,22

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.01-16.15	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
16.16-16.30	1,000213903	14839,44498	620904,4382	
16.31-16.45	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
16.46-17.00	1,000220484	14839,54263	602373,9411	2446,01
17.01-17.15	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
17.16-17.30	1,000223929	14839,59374	593108,6925	
17.31-17.45	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
17.46-18.00	1,000220484	14839,54263	602373,9411	2408,59
18.01-18.15	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
18.16-18.30	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
18.31-18.45	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
18.46-18.60	1,000220484	14839,54263	602373,9411	2417,86
19.01-19.15	1,000223929	14839,59374	593108,6925	
19.16-19.30	1,000223929	14839,59374	593108,6925	
19.31-19.45	1,000223929	14839,59374	593108,6925	
19.46-20.00	1,000223929	14839,59374	593108,6925	2380,58
20.01-20.15	1,000223929	14839,59374	593108,6925	
20.16-20.30	1,000223929	14839,59374	593108,6925	
20.31-20.45	1,000223929	14839,59374	593108,6925	
20.46-21.00	1,000223929	14839,59374	593108,6925	2380,58
21.01-21.15	1,000223929	14839,59374	593108,6925	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
21.16-21.30	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
21.31-21.45	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
21.46-22.00	1,000217143	14839,49307	611639,1897	2432,44
22.01-22.15	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
22.16-22.30	1,000217143	14839,49307	611639,1897	
22.31-22.45	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
22.46-23.00	1,000220484	14839,54263	602373,9411	2436,57
23.01-23.15	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
23.16-23.30	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
23.31-23.45	1,000220484	14839,54263	602373,9411	
23.46-24.00	1,000220484	14839,54263	602373,9411	2417,86
00.01-00.15	1,000247094	14839,93742	537517,2012	
00.16-00.30	1,000251429	14840,00174	528251,9526	
00.31-00.45	1,000251429	14840,00174	528251,9526	
00.46-01.00	1,000251429	14840,00174	528251,9526	2129,11
01.01-01.15	1,000251429	14840,00174	528251,9526	
01.16-01.30	1,000251429	14840,00174	528251,9526	
01.31-01.45	1,000247094	14839,93742	537517,2012	
01.46-02.00	1,000247094	14839,93742	537517,2012	2138,44
02.01-02.15	1,000247094	14839,93742	537517,2012	
02.16-02.30	1,000242906	14839,87529	546782,4497	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
02.31-02.45	1,000255919	14840,06835	518986,704	
02.46-03.00	1,000265398	14840,20898	500456,2069	2111,63
03.01-03.15	1,000270405	14840,28327	491190,9584	
03.16-03.30	1,000275605	14840,36042	481925,7098	
03.31-03.45	1,000281009	14840,4406	472660,4612	
03.46-04.00	1,000281009	14840,4406	472660,4612	1924,47
04.01-04.15	1,000260572	14840,13739	509721,4555	
04.16-04.30	1,000251429	14840,00174	528251,9526	
04.31-04.45	1,000247094	14839,93742	537517,2012	
04.46-05.00	1,000244982	14839,90609	542149,8254	2092,13
05.01-05.15	1,000238858	14839,81523	556047,6983	
05.16-05.30	1,000234942	14839,75713	565312,9468	
05.31-05.45	1,000234942	14839,75713	565312,9468	
05.46-06.00	1,000231153	14839,70091	574578,1954	2268,91

Σ Aktual 55627401,81 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 55793,28 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 11
Contoh Perhitungan 3 Januari 2010 PJB-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000270653	14840,28695	490740,2641	
06.16-06.30	1,000332166	14841,19957	399887,0272	
06.31-06.45	1,000265733	14840,21395	499825,5878	
06.46-07.00	1,000286574	14840,52316	463484,293	1866,25
07.01-07.15	1,000365382	14841,69238	363545,7324	
07.16-07.30	1,000260987	14840,14354	508910,9115	
07.31-07.45	1,000247717	14839,94666	536166,8826	
07.46-08.00	1,000247717	14839,94666	536166,8826	1972,05
08.01-08.15	1,000218139	14839,50783	608849,4722	
08.16-08.30	1,000239595	14839,82616	554337,53	
08.31-08.45	1,000243588	14839,88541	545252,2063	
08.46-09.00	1,000243588	14839,88541	545252,2063	2263,97
09.01-09.15	1,000243588	14839,88541	545252,2063	
09.16-09.30	1,000243588	14839,88541	545252,2063	
09.31-09.45	1,000243588	14839,88541	545252,2063	
09.46-10.00	1,000247717	14839,94666	536166,8826	2179,29
10.01-10.15	1,000247717	14839,94666	536166,8826	
10.16-10.30	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
10.31-10.45	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
10.46-11.00	1,000251988	14840,01002	527081,5589	2124,48

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
11.16-11.30	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
11.31-11.45	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
11.46-12.00	1,000251988	14840,01002	527081,5589	2115,29
12.00-12.15	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
12.16-12.30	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
12.31-12.45	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
12.46-13.00	1,000251988	14840,01002	527081,5589	2115,29
13.00-13.15	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
13.16-13.30	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
13.31-13.45	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
13.45-14.00	1,000251988	14840,01002	527081,5589	2115,29
14.01-14.15	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
14.16-14.30	1,000251988	14840,01002	527081,5589	
14.31-14.45	1,000231989	14839,71331	572508,1774	
14.46-15.00	1,000231989	14839,71331	572508,1774	2208,53
15.01-15.15	1,000231989	14839,71331	572508,1774	
15.16-15.30	1,000231989	14839,71331	572508,1774	
15.31-15.45	1,00023573	14839,76883	563422,8537	
15.46-16.00	1,00023573	14839,76883	563422,8537	2279,81
16.01-16.15	1,00023573	14839,76883	563422,8537	
16.16-16.30	1,000231989	14839,71331	572508,1774	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.31-16.45	1,000231989	14839,71331	572508,1774	
16.46-17.00	1,000231989	14839,71331	572508,1774	2288,93
17.01-17.15	1,000231989	14839,71331	572508,1774	
17.16-17.30	1,000231989	14839,71331	572508,1774	
17.31-17.45	1,000239595	14839,82616	554337,53	
17.46-18.00	1,000228364	14839,65953	581593,5011	2288,93
18.01-18.15	1,000228364	14839,65953	581593,5011	
18.16-18.30	1,000228364	14839,65953	581593,5011	
18.31-18.45	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
18.46-18.60	1,000224851	14839,60741	590678,8248	2352,93
19.01-19.15	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
19.16-19.30	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
19.31-19.45	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
19.46-20.00	1,000224851	14839,60741	590678,8248	2371,14
20.01-20.15	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
20.16-20.30	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
20.31-20.45	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
20.46-21.00	1,000224851	14839,60741	590678,8248	2371,14
21.01-21.15	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
21.16-21.30	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
21.31-21.45	1,000221444	14839,55687	599764,1485	
21.46-22.00	1,000221444	14839,55687	599764,1485	2389,49

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,000221444	14839,55687	599764,1485	
22.16-22.30	1,000221444	14839,55687	599764,1485	
22.31-22.45	1,000221444	14839,55687	599764,1485	
22.46-23.00	1,000221444	14839,55687	599764,1485	2407,71
23.01-23.15	1,000221444	14839,55687	599764,1485	
23.16-23.30	1,000221444	14839,55687	599764,1485	
23.31-23.45	1,000221444	14839,55687	599764,1485	
23.46-24.00	1,000221444	14839,55687	599764,1485	2407,71
00.01-00.15	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
00.16-00.30	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
00.31-00.45	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
00.46-01.00	1,000224851	14839,60741	590678,8248	2371,14
01.01-01.15	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
01.16-01.30	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
01.31-01.45	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
01.46-02.00	1,000224851	14839,60741	590678,8248	2371,14
02.01-02.15	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
02.16-02.30	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
02.31-02.45	1,000224851	14839,60741	590678,8248	
02.46-03.00	1,000224851	14839,60741	590678,8248	2371,14
03.01-03.15	1,000228364	14839,65953	581593,5011	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.16-03.30	1,000228364	14839,65953	581593,5011	
03.31-03.45	1,000228364	14839,65953	581593,5011	
03.46-04.00	1,000251988	14840,01002	527081,5589	2281,71
04.01-04.15	1,000256409	14840,07561	517996,2352	
04.16-04.30	1,00023573	14839,76883	563422,8537	
04.31-04.45	1,00023573	14839,76883	563422,8537	
04.46-05.00	1,000231989	14839,71331	572508,1774	2226,56
05.01-05.15	1,000228364	14839,65953	581593,5011	
05.16-05.30	1,000228364	14839,65953	581593,5011	
05.31-05.45	1,000292306	14840,60819	454398,9693	
05.46-06.00	1,00027576	14840,36272	481654,9404	2118,53

Σ Aktual 53625242,44 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 53858,45 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 12
Contoh Perhitungan 4 Januari 2010 PJB-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
06.16-06.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
06.31-06.45	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
06.46-07.00	1,000220484	14805,11241	600976,3328	2411,4
07.01-07.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
07.16-07.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
07.31-07.45	1,000227484	14805,21601	582488,8296	
07.46-08.00	1,000231153	14805,27032	573245,0779	2365,42
08.01-08.15	1,000234942	14805,32641	564001,3263	
08.16-08.30	1,000227484	14805,21601	582488,8296	
08.31-08.45	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
08.46-09.00	1,000217143	14805,06296	610220,0845	2366,01
09.01-09.15	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
09.16-09.30	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
09.31-09.45	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
09.46-10.00	1,000210757	14804,96843	628707,5877	2485,92
10.01-10.15	1,000210757	14804,96843	628707,5877	
10.16-10.30	1,000247094	14805,50629	536270,0714	
10.31-10.45	1,000270405	14805,85133	490051,3132	
10.46-11.00	1,000281009	14806,00829	471563,8099	2146,58

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000281009	14806,00829	471563,8099	
11.16-11.30	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
11.31-11.45	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
11.46-12.00	1,000210757	14804,96843	628707,5877	2351,31
12.00-12.15	1,000210757	14804,96843	628707,5877	
12.16-12.30	1,000223929	14805,1634	591732,5812	
12.31-12.45	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
12.46-13.00	1,000217143	14805,06296	610220,0845	2449,15
13.00-13.15	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
13.16-13.30	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
13.31-13.45	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
13.45-14.00	1,000217143	14805,06296	610220,0845	2467,25
14.01-14.15	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
14.16-14.30	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
14.31-14.45	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
14.46-15.00	1,000213903	14805,01499	619463,8361	2457,94
15.01-15.15	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
15.16-15.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
15.31-15.45	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
15.46-16.00	1,000217143	14805,06296	610220,0845	2448,73
16.01-16.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
16.16-16.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.31-16.45	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
16.46-17.00	1,000220484	14805,11241	600976,3328	2411,4
17.01-17.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
17.16-17.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
17.31-17.45	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
17.46-18.00	1,000220484	14805,11241	600976,3328	2411,4
18.01-18.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
18.16-18.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
18.31-18.45	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
18.46-18.60	1,000220484	14805,11241	600976,3328	2411,4
19.01-19.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
19.16-19.30	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
19.31-19.45	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
19.46-20.00	1,000217143	14805,06296	610220,0845	2439,35
20.01-20.15	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
20.16-20.30	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
20.31-20.45	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
20.46-21.00	1,000217143	14805,06296	610220,0845	2467,25
21.01-21.15	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
21.16-21.30	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
21.31-21.45	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
21.46-22.00	1,000220484	14805,11241	600976,3328	2458,08

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
22.16-22.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
22.31-22.45	1,000238858	14805,38437	554757,5747	
22.46-23.00	1,000238858	14805,38437	554757,5747	2330,32
23.01-23.15	1,000234942	14805,32641	564001,3263	
23.16-23.30	1,000227484	14805,21601	582488,8296	
23.31-23.45	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
23.46-24.00	1,000220484	14805,11241	600976,3328	2356,44
00.01-00.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
00.16-00.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
00.31-00.45	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
00.46-01.00	1,000220484	14805,11241	600976,3328	2411,4
01.01-01.15	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
01.16-01.30	1,000220484	14805,11241	600976,3328	
01.31-01.45	1,000231153	14805,27032	573245,0779	
01.46-02.00	1,000238858	14805,38437	554757,5747	2338,38
02.01-02.15	1,000242906	14805,4443	545513,823	
02.16-02.30	1,000247094	14805,50629	536270,0714	
02.31-02.45	1,000251429	14805,57045	527026,3197	
02.46-03.00	1,000255919	14805,63691	517782,5681	2133,06
03.01-03.15	1,000275605	14805,9283	480807,5616	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.16-03.30	1,000275605	14805,9283	480807,5616	
03.31-03.45	1,000281009	14806,00829	471563,8099	
03.46-04.00	1,000281009	14806,00829	471563,8099	1909,9
04.01-04.15	1,000286629	14806,09148	462320,0583	
04.16-04.30	1,000227484	14805,21601	582488,8296	
04.31-04.45	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
04.46-05.00	1,000217143	14805,06296	610220,0845	2344,78
05.01-05.15	1,000213903	14805,01499	619463,8361	
05.16-05.30	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
05.31-05.45	1,000217143	14805,06296	610220,0845	
05.46-06.00	1,000220484	14805,11241	600976,3328	2448,73

Σ Aktual 56529015,25 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 56821,6 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 12
Contoh pemrosesan data awal – akhir pada PKG-A

PENGUKURAN GAS MEASUREMENT
PKG-A

Spesifikasi Orifice	d(mm)	D(mm)	E(mm)	e(mm)	α°	d(inci)	D(inci)
	137,16	214,17	6,2	3,38	45	3,805	8,451

Koefisien Pengukuran	Pengukuran Faktor Orifice	
β (Rasio d/D)	0,64	F _f 0,979
Sg(Spesifik Gravity)	0,6	F _g 1,291
Pb(Tekanan dasar)	14,73	F _{pb} 1,000
Tb(Temperatur dasar)	60	F _{tb} 1,000
b(Koefisien Bil. Reynold's)	0,0358	F _b 6742,618
Cd(Koefisien Discharge)	0,68	F _{pv} 1,023

M _c (Mol Percent Carbon dioksida)	0,6087
M _n (Mol Percent Nitrogen)	0,0856
K _p (Konstanta Tekanan)	-0,153
K _t (Konstanta Temperatur)	1,1088
F _p (Faktor Tekanan)	1,0009
F _t (Faktor Temperatur)	1,0005

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 14
Contoh Perhitungan 2 Januari 2010 PKG-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
06.16-06.30	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
06.31-06.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
06.46-07.00	1,000245155	8731,996319	318783,6479	1301,53
07.01-07.15	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
07.16-07.30	1,000259032	8732,11746	301710,1381	
07.31-07.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
07.46-08.00	1,000236701	8731,92252	330165,9877	1287,71
08.01-08.15	1,000245155	8731,996319	318783,6479	
08.16-08.30	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
08.31-08.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
08.46-09.00	1,000236701	8731,92252	330165,9877	1215,61
09.01-09.15	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
09.16-09.30	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
09.31-09.45	1,000245155	8731,996319	318783,6479	
09.46-10.00	1,000245155	8731,996319	318783,6479	1286,91
10.01-10.15	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
10.16-10.30	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
10.31-10.45	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
10.46-11.00	1,000245155	8731,996319	318783,6479	1292,6

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
11.16-11.30	1,000245155	8731,996319	318783,6479	
11.31-11.45	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
11.46-12.00	1,000245155	8731,996319	318783,6479	1286,91
12.00-12.15	1,000245155	8731,996319	318783,6479	
12.16-12.30	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
12.31-12.45	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
12.46-13.00	1,000249612	8732,035231	313092,4779	1281,29
13.00-13.15	1,000245155	8731,996319	318783,6479	
13.16-13.30	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
13.31-13.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
13.45-14.00	1,000236701	8731,92252	330165,9877	1309,82
14.01-14.15	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
14.16-14.30	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
14.31-14.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
14.46-15.00	1,000236701	8731,92252	330165,9877	1321,07
15.01-15.15	1,000254235	8732,075584	307401,308	
15.16-15.30	1,000249612	8732,035231	313092,4779	
15.31-15.45	1,000249612	8732,035231	313092,4779	
15.46-16.00	1,000259032	8732,11746	301710,1381	1235,68
16.01-16.15	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
16.16-16.30	1,000228811	8731,853641	341548,3276	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.31-16.45	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
16.46-17.00	1,000240854	8731,958772	324474,8178	1338,51
17.01-17.15	1,00022506	8731,820895	347239,4975	
17.16-17.30	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
17.31-17.45	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
17.46-18.00	1,000232689	8731,887497	335857,1576	1361,13
18.01-18.15	1,000198966	8731,593099	392768,8569	
18.16-18.30	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
18.31-18.45	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
18.46-18.60	1,000232689	8731,887497	335857,1576	1404,41
19.01-19.15	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
19.16-19.30	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
19.31-19.45	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
19.46-20.00	1,000232689	8731,887497	335857,1576	1343,89
20.01-20.15	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
20.16-20.30	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
20.31-20.45	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
20.46-21.00	1,000232689	8731,887497	335857,1576	1338,22
21.01-21.15	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
21.16-21.30	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
21.31-21.45	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
21.46-22.00	1,00022506	8731,820895	347239,4975	1361,13

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,00022506	8731,820895	347239,4975	
22.16-22.30	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
22.31-22.45	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
22.46-23.00	1,000228811	8731,853641	341548,3276	1372,45
23.01-23.15	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
23.16-23.30	1,000232689	8731,887497	335857,1576	
23.31-23.45	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
23.46-24.00	1,000236701	8731,92252	330165,9877	1332,72
00.01-00.15	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
00.16-00.30	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
00.31-00.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
00.46-01.00	1,000236701	8731,92252	330165,9877	1332,63
01.01-01.15	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
01.16-01.30	1,000228811	8731,853641	341548,3276	
01.31-01.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
01.46-02.00	1,000236701	8731,92252	330165,9877	1344,08
02.01-02.15	1,000245155	8731,996319	318783,6479	
02.16-02.30	1,000240854	8731,958772	324474,8178	
02.31-02.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
02.46-03.00	1,000232689	8731,887497	335857,1576	1309,92
03.01-03.15	1,000232689	8731,887497	335857,1576	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.16-03.30	1,000245155	8731,996319	318783,6479	
03.31-03.45	1,000245155	8731,996319	318783,6479	
03.46-04.00	1,000245155	8731,996319	318783,6479	1292,9
04.01-04.15	1,000249612	8732,035231	313092,4779	
04.16-04.30	1,000259032	8732,11746	301710,1381	
04.31-04.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
04.46-05.00	1,000240854	8731,958772	324474,8178	1270,5
05.01-05.15	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
05.16-05.30	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
05.31-05.45	1,000236701	8731,92252	330165,9877	
05.46-06.00	1,000236701	8731,92252	330165,9877	1321,07

Σ Aktual 31627640,78 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 31542,69 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 15
Contoh Perhitungan 3 Januari 2010 PKG-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,000230883	8731,871729	338483,9431	
06.16-06.30	1,00024371	8731,983705	320673,1109	
06.31-06.45	1,000239279	8731,945023	326610,055	
06.46-07.00	1,000239279	8731,945023	326610,055	1310,73
07.01-07.15	1,000239279	8731,945023	326610,055	
07.16-07.30	1,00024371	8731,983705	320673,1109	
07.31-07.45	1,000248308	8732,023848	314736,1669	
07.46-08.00	1,00024371	8731,983705	320673,1109	1283,42
08.01-08.15	1,00024371	8731,983705	320673,1109	
08.16-08.30	1,000258046	8732,108856	302862,2788	
08.31-08.45	1,000258046	8732,108856	302862,2788	
08.46-09.00	1,000263207	8732,15391	296925,3347	1224,35
09.01-09.15	1,000258046	8732,108856	302862,2788	
09.16-09.30	1,000253083	8732,065534	308799,2228	
09.31-09.45	1,000253083	8732,065534	308799,2228	
09.46-10.00	1,000253083	8732,065534	308799,2228	1229,83
10.01-10.15	1,000253083	8732,065534	308799,2228	
10.16-10.30	1,000253083	8732,065534	308799,2228	
10.31-10.45	1,00024371	8731,983705	320673,1109	
10.46-11.00	1,000248308	8732,023848	314736,1669	1253,73

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,00024371	8731,983705	320673,1109	
11.16-11.30	1,00024371	8731,983705	320673,1109	
11.31-11.45	1,00024371	8731,983705	320673,1109	
11.46-12.00	1,00024371	8731,983705	320673,1109	1283,31
12.00-12.15	1,000239279	8731,945023	326610,055	
12.16-12.30	1,000239279	8731,945023	326610,055	
12.31-12.45	1,000239279	8731,945023	326610,055	
12.46-13.00	1,000239279	8731,945023	326610,055	1307,11
13.00-13.15	1,000239279	8731,945023	326610,055	
13.16-13.30	1,000239279	8731,945023	326610,055	
13.31-13.45	1,000239279	8731,945023	326610,055	
13.45-14.00	1,000235006	8731,907721	332546,999	1313,1
14.01-14.15	1,000235006	8731,907721	332546,999	
14.16-14.30	1,000235006	8731,907721	332546,999	
14.31-14.45	1,000230883	8731,871729	338483,9431	
14.46-15.00	1,000230883	8731,871729	338483,9431	1342,86
15.01-15.15	1,000239279	8731,945023	326610,055	
15.16-15.30	1,000230883	8731,871729	338483,9431	
15.31-15.45	1,000239279	8731,945023	326610,055	
15.46-16.00	1,000239279	8731,945023	326610,055	1319,17
16.01-16.15	1,000235006	8731,907721	332546,999	
16.16-16.30	1,000230883	8731,871729	338483,9431	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.31-16.45	1,000230883	8731,871729	338483,9431	
16.46-17.00	1,000226902	8731,836978	344420,8871	1354,81
17.01-17.15	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
17.16-17.30	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
17.31-17.45	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
17.46-18.00	1,000219339	8731,77095	356294,7752	1390,56
18.01-18.15	1,000219339	8731,77095	356294,7752	
18.16-18.30	1,000219339	8731,77095	356294,7752	
18.31-18.45	1,000219339	8731,77095	356294,7752	
18.46-18.60	1,000223057	8731,803404	350357,8312	1420,2
19.01-19.15	1,000223057	8731,803404	350357,8312	
19.16-19.30	1,000223057	8731,803404	350357,8312	
19.31-19.45	1,000219339	8731,77095	356294,7752	
19.46-20.00	1,000219339	8731,77095	356294,7752	1414,26
20.01-20.15	1,000219339	8731,77095	356294,7752	
20.16-20.30	1,000219339	8731,77095	356294,7752	
20.31-20.45	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
20.46-21.00	1,000226902	8731,836978	344420,8871	1402,51
21.01-21.15	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
21.16-21.30	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
21.31-21.45	1,000235006	8731,907721	332546,999	
21.46-22.00	1,000226902	8731,836978	344420,8871	1366,76

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
22.16-22.30	1,000235006	8731,907721	332546,999	
22.31-22.45	1,000235006	8731,907721	332546,999	
22.46-23.00	1,000226902	8731,836978	344420,8871	1354,91
23.01-23.15	1,000219339	8731,77095	356294,7752	
23.16-23.30	1,000215743	8731,73956	362231,7193	
23.31-23.45	1,000215743	8731,73956	362231,7193	
23.46-24.00	1,000219339	8731,77095	356294,7752	1438,07
00.01-00.15	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
00.16-00.30	1,000223057	8731,803404	350357,8312	
00.31-00.45	1,000223057	8731,803404	350357,8312	
00.46-01.00	1,000223057	8731,803404	350357,8312	1396,4
01.01-01.15	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
01.16-01.30	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
01.31-01.45	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
01.46-02.00	1,000235006	8731,907721	332546,999	1366,76
02.01-02.15	1,000235006	8731,907721	332546,999	
02.16-02.30	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
02.31-02.45	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
02.46-03.00	1,000226902	8731,836978	344420,8871	1366,76
03.01-03.15	1,000235006	8731,907721	332546,999	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.16-03.30	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
03.31-03.45	1,000223057	8731,803404	350357,8312	
03.46-04.00	1,000235006	8731,907721	332546,999	1361,01
04.01-04.15	1,000230883	8731,871729	338483,9431	
04.16-04.30	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
04.31-04.45	1,000226902	8731,836978	344420,8871	
04.46-05.00	1,000230883	8731,871729	338483,9431	1366,66
05.01-05.15	1,000230883	8731,871729	338483,9431	
05.16-05.30	1,000230883	8731,871729	338483,9431	
05.31-05.45	1,000235006	8731,907721	332546,999	
05.46-06.00	1,000235006	8731,907721	332546,999	1342,86

Σ Aktual 32191674,39 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 32210,14 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



Lampiran 16
Contoh Perhitungan 4 Januari 2010 PKG-A

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
06.00-06.15	1,00023498	8752,443102	333366,4143	
06.16-06.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
06.31-06.45	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
06.46-07.00	1,000239102	8752,479175	327620,0678	1317,16
07.01-07.15	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
07.16-07.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
07.31-07.45	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
07.46-08.00	1,000247797	8752,555257	316127,3747	1294,22
08.01-08.15	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
08.16-08.30	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
08.31-08.45	1,000257148	8752,63708	304634,6817	
08.46-09.00	1,000252386	8752,595411	310381,0282	1248,26
09.01-09.15	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
09.16-09.30	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
09.31-09.45	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
09.46-10.00	1,000252386	8752,595411	310381,0282	1242,24
10.01-10.15	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
10.16-10.30	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
10.31-10.45	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
10.46-11.00	1,000239102	8752,479175	327620,0678	1271,39

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
11.00-11.15	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
11.16-11.30	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
11.31-11.45	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
11.46-12.00	1,000243372	8752,516537	321873,7213	1282,8
12.00-12.15	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
12.16-12.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
12.31-12.45	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
12.46-13.00	1,000247797	8752,555257	316127,3747	1294,22
13.00-13.15	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
13.16-13.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
13.31-13.45	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
13.45-14.00	1,000239102	8752,479175	327620,0678	1305,64
14.01-14.15	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
14.16-14.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
14.31-14.45	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
14.46-15.00	1,000239102	8752,479175	327620,0678	1311,66
15.01-15.15	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
15.16-15.30	1,00023498	8752,443102	333366,4143	
15.31-15.45	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
15.46-16.00	1,000239102	8752,479175	327620,0678	1311,46
16.01-16.15	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
16.16-16.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
16.31-16.45	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
16.46-17.00	1,000239102	8752,479175	327620,0678	1311,66
17.01-17.15	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
17.16-17.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
17.31-17.45	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
17.46-18.00	1,000252386	8752,595411	310381,0282	1294,42
18.01-18.15	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
18.16-18.30	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
18.31-18.45	1,000252386	8752,595411	310381,0282	
18.46-18.60	1,000239102	8752,479175	327620,0678	1259,88
19.01-19.15	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
19.16-19.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
19.31-19.45	1,00023498	8752,443102	333366,4143	
19.46-20.00	1,000243372	8752,516537	321873,7213	1311,46
20.01-20.15	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
20.16-20.30	1,000230997	8752,408252	339112,7608	
20.31-20.45	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
20.46-21.00	1,000227147	8752,374564	344859,1074	1352,21
21.01-21.15	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
21.16-21.30	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
21.31-21.45	1,000223423	8752,34198	350605,4539	
21.46-22.00	1,000227147	8752,374564	344859,1074	1368,29

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
22.01-22.15	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
22.16-22.30	1,00023498	8752,443102	333366,4143	
22.31-22.45	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
22.46-23.00	1,000243372	8752,516537	321873,7213	1329,08
23.01-23.15	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
23.16-23.30	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
23.31-23.45	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
23.46-24.00	1,00023498	8752,443102	333366,4143	1299,99
00.01-00.15	1,000223423	8752,34198	350605,4539	
00.16-00.30	1,000223423	8752,34198	350605,4539	
00.31-00.45	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
00.46-01.00	1,000227147	8752,374564	344859,1074	1392,06
01.01-01.15	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
01.16-01.30	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
01.31-01.45	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
01.46-02.00	1,000230997	8752,408252	339112,7608	1374,77
02.01-02.15	1,000230997	8752,408252	339112,7608	
02.16-02.30	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
02.31-02.45	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
02.46-03.00	1,000243372	8752,516537	321873,7213	1305,94
03.01-03.15	1,000243372	8752,516537	321873,7213	

Pukul	Fr	Konstanta Orifice	Laju Alir Gas (Cu.Ft.per hr)	AGA-3 (10³ Cu.ft per day)
03.16-03.30	1,000239102	8752,479175	327620,0678	
03.31-03.45	1,000243372	8752,516537	321873,7213	
03.46-04.00	1,000247797	8752,555257	316127,3747	1288,42
04.01-04.15	1,000247797	8752,555257	316127,3747	
04.16-04.30	1,000247797	8752,555257	316127,3747	
04.31-04.45	1,00023498	8752,443102	333366,4143	
04.46-05.00	1,000230997	8752,408252	339112,7608	1306,24
05.01-05.15	1,000230997	8752,408252	339112,7608	
05.16-05.30	1,000230997	8752,408252	339112,7608	
05.31-05.45	1,000227147	8752,374564	344859,1074	
05.46-06.00	1,000227147	8752,374564	344859,1074	1369,02

Σ Aktual 32191674,39 Cu.Ft. Per hr

Σ AGA-3 32210,14 x 10³ Cu.Ft. Per hr

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

