PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UJI VISKOMETER SISTEM BOLA JATUH

(Skripsi)

Oleh

JOEL ARITONANG

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT FALLING BALL VISCOMETER SYSTEM

By

Joel Aritonang

Learning process in Mechanical Engineering, University of Lampung conducted theoretical and practical learning. To support the practical process, Mechanical Engineering, University of Lampung supported ten laboratory, one of the Fluid Mechanics Laboratory. However, with appropriate equipment to support the process of laboratory work in the laboratory of Fluid Mechanics insufficient, due to lack of funds to complete the lab equipment.

The results of the design has been done then obtained dimensional falling ball viscometer system. Where the ball diameter of 0.016 m with the density of the ball for 950 kg/m^3 and dimensional acrylic tube used is the tube diameter of 0.056 m with a value of 0.28 and a correction of the long wall acrylic tubes that are used by 0.6 m.

In testing the viscometer system falling balls that have to be obtained viscosity test fluid oil Mesran Super SAE 20W-50 at a temperature of 40 ℃ of 0.122 kg/m^3 with error testing of 10 % and oil Shell Helix SAE 15W-40 at a temperature of 40 ℃ at 0.10 kg/m^3 with error testing 11%. From the test results obtained, the test equipment falling ball viscometer system can be used to support practical proces the basic phenomena machines in Mechanical Engineering, University of Lampung.

Keywords : Viscometer, Falling balls, Viscosity

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UJI VISKOMETER SISTEM BOLA JATUH

Oleh

Joel Aritonang

Proses perkulihaan di Teknik Mesin Universitas Lampung dilakukan pembelajaran secara teoritik dan praktek. Untuk mendukung proses praktikum, Teknik Mesin Universitas Lampung didukung sepuluh laboratorium, salah satunya Laboratorium Mekanika Fluida. Namun kelengkapan alat untuk menunjang proses praktikum pada Laboratoriun Mekanika Fluida belum memadai, dikarenakan kekurangan dana untuk melengkapi peralatan praktikum.

Hasil rancang bangun yang telah dilakukan maka didapat dimensi viskometer sistem bola jatuh. Dimana diameter bola sebesar 0.016 m dengan massa jenis bola sebesar 950 kg/m^3, dan dimensi tabung akrilik yang digunakan yaitu diameter tabung sebesar 0.056 m dengan nilai koreksi dinding sebesar 0.28 dan panjang tabung akrilik yang digunaka sebesar 0.6 m.

Pada pengujian viskometer sistem bola jatuh yang telah dilakukan diperoleh nilai viskositas fluida uji oli Mesran Super SAE 20W-50 pada suhu 40 ℃ sebesar 0.122 kg/m.s dengan error pengujian sebesar dan oli Shell Helix SAE 15w-40 pada suhu 40 ℃ sebesar 0.10 kg/m.s dengan error pengujian. Dari hasil pengujian yang diperoleh, maka alat uji viskometer sistem bola jatuh dapt digunakan untuk menunjang proses praktikum fenomena dasar mesin di Teknik Mesin Universitas Lampung.

Kata kunci : Viskometer, Bola jatuh, Viskositas

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UJI VISKOMETER SISTEM BOLA JATUH

Oleh

JOEL ARITONANG

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UJI VISKOMETER SISTEM BOLA JATUH**

Nama Mahasiswa : *Joel Aritonang*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215021044

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Jorfri Boike Sinaga, S.T, M.T.	**M. Dyan Susila ES , S.T., M.Eng.**
NIP. 197101271998031004	NIP. 198010012008121001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 197408162000121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Jorfri Boike Sinaga, S.T, M.T.** .....

Anggota Penguji : **M. Dyan Susila, S.T., M.Eng.** .....

Penguji Utama : **Agus Sugiri, S.T., M.Eng.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196207171987031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **7 April 2017**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Joel Aritonang
NPM	: 1215021044
Jurusan	: Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang telah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Hal tersebut berdasarkan dalam pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.

Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai aturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 April 2017

Yang Menyatakan

METERAI TEMPEL
CD5A3AEF514185683
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Joel Aritonang
NPM. 1215021044

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Jumasianak, Kabupaten Dairi pada tangga 02 Februari 1995. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara pasangan Bapak Gr. Robinhod Aritonang dan Ibu Derlita Naibaho. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 091530 Tanah Jawa Simalungun pada tahun 2006, pendidikan menengah pertama di SMP ST Paulus Sidikalang pada tahun 2009, dan pendidikan menengah atas di SMA ST Petrus Sidikalang pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif di organisasi kemahasiswaan diantaranya, Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) di bidang DIKLAT sebagai Kepala Bidang dan Cremona Unila di bidang Photogafer sebagai kepala bidang. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Tematik (KKN-Tematik) pada tahun 2016 di desa Bakung Ilir, Kecamatan Gedung Meneng, Kabupaten Mesuji. Penulis juga telah melaksanakan Program Kerja Praktik (KP) di PT. Isuzu Astra Motor Indonesia Karawang pada tahun 2015. Penulis melakukan penelitian dengan judul "*Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Viskometer Sistem Bola Jatuh*" dibawah bimbingan Bapak Jorfri B Sinaga S.T., M.T., Dan M.Dyan Susila ES, S.T., M.Eng

Motto

Tetapi semua orang yang menerima-Nya diberi-Nya kuasa supaya menjadi anak-anak Allah, yaitu mereka yang percaya dalam nama-Nya

(Yohannes 1:12)

Persembahan

Sebuah Karya Kecilku....

Dengan segenap hati kupersembahakan tugas akhir ini kepada:

Tuhan Yesus Kristus

Atas Anugrah-Nya semua ini ada

Atas berkat-Nya semua ini aku dapatkan

Atas kekuatan dari-Nya aku bisa bertahan

Orang tuaku sebagai tanda baktiku, terimaka kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan, keikhlasannya. Ini hanyalah bagian terkecil balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang yang tidak setara dengan apapun di dunia ini.

Adek-adekku, atas doa, kasih sayang dan dukungan

Para pengajar sebagai tanda hormatku, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.

Serta tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta, smoga kelak berguna dikemudian hari.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus yang telah memberi berkat, kasih dan kekuatan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi yang berjudul "*Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Viskometer Sistem Bola Jatuh*" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Teknik Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ahmad Suudi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah memberikan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan perhatian, dan memotivasi selama penyusunan skripsi sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.

4. Bapak M. Dyan Susila, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II dan yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, kritik, dan saran kepada penulis demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.Eng. selaku pembahas yang telah memberikan masukan baik kritik maupun saran yang sangat bermanfaat untuk penulis.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Kedua orang tuaku, Bapak (Gr. R Aritonang) dan Ibu (Derlita Naibaho) terima kasih atas perhatian, semangat dan kasih sayang yang telah diberikan serta doa.
8. Adek-adekku tersayang, Irene Aritonang, Jonni Aritonang, Jonathan Aritonang, dan Emely Graceziana Aritonang terima kasih atas dukungan serta doanya untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Herta Junisa Simamora Amd.Keb yang selalu memberi semangat, perhatian dan salalu mendoakan penulis.
10. Sahabat-sahabat saya Hendri Lubis, Freddy Silalahi, Sander Aritonang, Gratia Lee yang selalu memberikan hiburan dan semangat saya untuk menyelesaikan skripsi.
11. Teman-teman seluruh angkatan 2012 di Teknik Mesin Universitas Lampung atas kebersamaannya selama ini dan semua bantuan yang telah diberikan. Semoga kebersamaan kita selalu menjadi memori positif.
12. Kakak-kakak tingkat Teknik Mesin angkatan 2010, dan 2011 serta adik-adik tingkatku angkatan 2013, 2014, dan 2015 terima kasih atas kebersamaan dan doanya.

13. Pakde Giman, Mas Dadang, Mas Nanang dan Mas Marta, terima kasih atas bantuannya selama ini, terima kasih banyak.
14. Almamater tercinta yang telah mendewasakanku.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga dengan kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan pada penulis mendapat balasan pahala yang setimpal dari Allah SWT dan semoga skripsi ini bermanfaat.

Bandar Lampung, 21 April 2017
Penulis

Joel Aritonang

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRACT

ABSTRAK

HALAMAN JUDUL

MENGESAHKAN

PERNYATAAN PENULIS

RIWAYAT HIDUP

PERSEMBAHAN

MOTTO

SANWACANA

DAFTAR ISI i

DAFTAR TABEL iii

DAFTAR GAMBAR iv

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1

B. Tujuan Penelitian 2

C. Batasan Masalah..... 4

D. Batasan Masalah 4

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Fluida 6

B. Karakteristik Fluida 7

C. Hukum Newton dan Hukum Stokes 11

D. Bilangan Reynolds 13

E. Koefisen Drag Terhadap Aliran Eksternal 14

F. Viskometer 16

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan 18

B. Perancangan dan Pembuatan Alat Uji Viskometer Sistem Bola Jatuh 18

C. Alat dan Bahan 20

D. Pengujian Rancangan Alat Uji Viskometer Sistem Bola Jatuh 25

E. Analisis Data 26

F. Diagram Alur Pelaksanaan Tugas Akhir 28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Parameter Perancangan Alat Uji Viskometer Sistem Bola Jatuh 29

B. Hasil Rancang Bangun dan Pengujian Alat Uji Viskometer Sistem Bola Jatuh..... 31

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan 44

B. Saran 45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Contoh tabel pengambilan data pengujian alat uji viskometer sistem bola jatuh 27
2. Data Hasil Pengujian oli Mesran Super SAE 20 W-50 Pada Suhu 40 ℃ 33
3. Data Hasil Pengujian oli Mesran Super SAE 20 W-50 Pada Suhu 40 ℃ dan Perhitungan Kecepatan Bola Jatuh 34
4. Data Hasil Pengujian oli Mesran Super SAE 20 W-50 dan Viskositas, Bilangan Reynold, Cd dan Error 35
5. Data Hasil Pengujian oli Shell Helix 5X 15 W – 40 Pada Suhu 40 ℃ 36
6. Data Hasil Pengujian oli Shell Helix 5X 15 W – 40 dan Perhitungan Kecepatan Jatuh Bola 37
7. Data Hasil Pengujian oli Shell Helix 5X SAE 15 W-40 dan Viskositas, Bilangan Reynold, Cd dan Error 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. F Pada benda padat dan fluida 6
2. Diagram viskositas mutlak fluida sebagai fungsi dari temperatur... 10
3. Gaya-gaya pada bola di dalam fluida 11
4. Diagram hubungan Cd terhadap Reynolds 15
5. Viskometer Ostwald 16
6. Skema alat uji viskositas dengan menggunkan viskometer sistem bola jatuh 19
7. Heater 20
8. Termometer 21
9. Kamera 21
10. Termocouple..... 22
11. Timbangan massa..... 22
12. Mikrometer sekrup 23
13. Tabung akrilik 23

14. Besi 24

15. Bola 24

16. Hasil rancangan alat uji viskometer sistem bola jatuh 32

17. Diagram alurpenelitian tugas akhir 28

18. Hasil rancangan alat uji viskometer sistem bola jatuh 31

19. Grafik hubungan waktu dan jarak terhadap kecepatan jatuh bola pada suhu 40 ℃ 39

20. Grafik hubungan antara bilangan reynold terhadap koefisien drag.. 41

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Engineer merupakan profesi yang menerapkan ilmu atau teknologi dengan menggunakan ilmu pengetahuan alam, matematika dan pengalaman praktis untuk menyelesaikan permasalahan manusia. Sehingga untuk menghasilkan *engineer* yang memiliki kompetensi dalam teknik, teoritis dan praktis, maka dalam peroses pembelajaran dibidang teknik harus didukung dengan adanya proses praktikum yang bertujuan untuk mahasiswa dapat meningkatkan, memahami dan menerapkan ilmu-ilmu teori yang didapat pada perkuliahan untuk proses praktikum yang dilakukan. Agar proses praktikum dapat dilakukan maka setiap jurusan teknik menyediakan laboratorium dan juga alat-alat pengujian yang digunakan untuk menunjang proses praktikum.

Pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung saat ini memiliki sepuluh laboratorium yang mendukung untuk proses perkulihaan maupun penelitian, dimana salah satunya adalah Laboratorium Mekanika Fluida. Pada Laboratorium Mekanika Fluida terdapat mesin-mesin fluida seperti turbin air, compresor, pompa hydram, dan pompa sentrifugal yang digunakan untuk praktikum prestasi mesin untuk mahasiswa S1 dan D3 Teknik Mesin Universitas Lampung dan juga alat uji gesekan aliran dalam untuk Praktikum

Fenomena Dasar Mesin untuk mahasiswa S1 dan Paraktikum Fisika Terapan untuk mahasiswa D3 Teknik Mesin Universitas Lampung. Dimana praktikum fenomena dasar mesin merupakan proses praktikum yang bertujuan agar mahasiswa dapat memahami, menerapkan teori dasar bidang kontruksi perancangan, bidang mekanika fluida, perpindahan panas, dan menganalisis parameter-parameter dalam fenomena dasar suatu mesin. Alat praktikum yang digunakan untuk menunjang proses pembelajaran fenomena dasar mesin pada bidang kontruksi dan perancangan sudah memadai seperti: bifilar suspensi, putaran kritis poros dan pengujian getaran. Selain digunakan untuk praktikum, laboratorium mekanika fluida juga digunakan untuk proses penelitan yang dilakukan oleh dosen maupun mahasiswa Universitas Lampung untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

Namun pada bidang mekanika fluida alat yang digunakan untuk menunjang proses praktikum fenomena dasar mesin masih kurang jumlahnya, hanya ada alat uji gesekan aliran didalam saluran (Siregar,2012). Minimnya alat uji yang digunakan untuk praktikum fenomena dasar mesin dikarenakan kurangnya dana untuk penyediaan alat pengujian. Maka dengan itu perlu dilakukan perancangan alat pengujian viskometer sistem bola jatuh, agar dapat digunakan untuk menunjang proses pembelajaran/ praktikum fenomena dasar mesin.

Viskometer sistem bola jatuh merupakan alat uji viskositas fluida, dimana nilai viskositasnya didasarkan oleh waktu kecepatan bola jatuh ke permukaan tabung yang diisi oleh fluida uji. Keunggulan viskometer bola jatuh mudah untuk dirancang dan juga biaya pembuatannya dan perawatan alat uji sangat murah. Oleh karena itu peneliti ingin melakukan perancangan alat ukur viskometer sistem bola jatuh, sehingga dapat digunakan untuk untuk menunjang proses pembelajaran fenomena dasar mesin untuk mahasiswa S1 Teknik Mesin Universitas Lampung dan fisika terapan untuk mahasiswa D3 Teknik Mesin Universitas Lampung.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah

1. Merancang alat uji viskometer sistem bola jatuh, dimana diharapkan mahasiswa dapat menerapkan teori dasar yang didapat dari mekanika fluida dan fisika dasar.
2. Membuat hasil perancangan alat uji viskometer bola jatuh
3. Melakukan pengujian alat uji viskometer bola jatuh
4. Menganalisis data hasil pengujian alat uji viskometer sistem bola jatuh sebelum digunakan untuk praktikum fenomena dasar mesin.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada perancangan alat uji viskositas sistem bola jatuh adalah sebagai berikut :

1. Alat uji yang dirancang adalah alat uji viskometer sistem bola jatuh, dan fluida yang diuji adalah fluida newton dan fluida *incompressible*.
2. Bahan – bahan yang digunakan untuk pembuatan alat uji viskometer sistem bola jatuh mudah dijumpai di toko material atau di pasaran dan biaya pembuatan dan perawatan diharapkan murah dan mudah dilakukan.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori dan konsep dasar fluida mulai dari definisi fluida, sifat-sifat fluida, teori dasar viskometer dan persamaan-persamaan dalam perancangan alat uji viskometer sistem bola jatuh.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk perancangan dan pembuatan alat uji viskometer sistem bola jatuh, pengambilan data untuk analisis alat uji yang digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil perancangan, hasil pengujian dan pembahasan dari data-data yang diperoleh.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil pengujian dan saran –saran yang diberikan oleh peneliti.

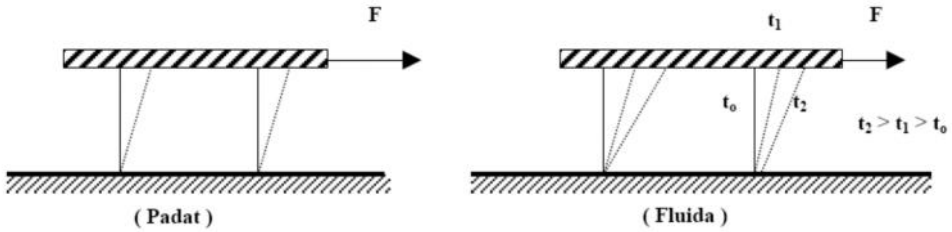
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Fluida

Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir dan mengalami deformasi berkesinambungan apabila dipengaruhi gaya geser sekecil apapun. Fluida memiliki nilai kerapatan yang dipengaruhi harga dari temperatur dan tekanannya. Harga kerapatannya sangat dipengaruhi oleh besaran temperatur dan tekanan, apabila besaran harga temperaturnya dan tekannya berubah maka nilai kerapatannya juga akan berubah.



Gambar 1. F Pada benda padat dan fluida (Nakayama and Boucher, 1995)

Fluida digolongkan kedalam zat cair atau gas. Perbedaan utama antara keduanya adalah berhubungan dengan akibat gaya kohesif yang bersifat teknis. Zat cair terdiri dari molekul-molekul rapat dengan gaya kohesif yang relatif kuat, sehingga zat cait cenderung akan mempertahankan volumenya dan akan membentuk permukaan bebas. Sedangkan gas memiliki jarak antara

molekul-molekulnya besar dan gaya kohesifnya terabaikan, akan memuai dengan bebas sampai tertahan oleh dinding. Karena suatu fase dari zat cair dan gas tidak dapat mempertahankan bentuknya yang tetap, dan keduanya memiliki kemampuan mengalir. Sehingga zat cair dan gas secara kolektif disebut sebagai fluida.

B. Karakteristik Fluida

Adapun karakteristik fluida pada umumnya adalah kerapatan, berat jenis, dan gravitasi jenis baik untuk fluida dalam keadaan diam dan untuk fluida yang bergerak.

1. Kerapatan

   Kerapatan suatu zat adalah ukuran konsentrasi zat yang dinyatakan dalam massa persatuan volume.

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta v} \tag{1}$$

Dimana : ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

Δm = Massa fluida (kg)

Δv = Volume fluida (m^3)

Temperatur dan tekanan memilki pengaruh yang kecil terhadap besaran kerapatan suatu zat cair, namun sangat berpengaruh pada besaran nilai kerapatan gas. Dimana nilai besaran kerapatan air pada tekanan standar adalah 1000 kg/m^3 dan kerapatan udara baku pada tekanan standar sebesar 1,255 kg/m^3 pada temperatur 15 C^o.

2. Berat jenis

Berat jenis fluida didefinisikan sebagai berat fluida persatuan volume yang dilambangkan dengan huruf yunani γ (gamma). Dimana berat jenis berhubungan dengan kerapatan melalui persamaan.

$$\gamma = \rho g \tag{2}$$

Dimana : ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

γ = Berat jenis fluida (N/m^3)

g = Gravitasi (m/s^2)

Berat jenis digunakan untuk mengkarakteristikkan berat dari sistem fluida, bebrbeda dengan kerapan digunakan untuk mengkarakteristikkan massa sebuah sistem fluida. Dimana g merupakan percepatan gravitasi sebesar 9,807 m/s^2.

3. Gravitasi jenis

Gravitasi jenis merupakan perbandingan kerapatan fluida dengan kerapatan air pada sebuah temperatur tertentu, yang dilambangkan sebagai SG. Gravitasi jenis dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$SG = \frac{\rho}{\rho H_2O@4°C} \tag{3}$$

Dimana : ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

SG = Gravitasi jenis

4. Viskositas

Viskositas adalah besaran ketahanan suatu fluida terhadap perubahan bentuk atau deformasi maupun besaran daya tahan fluida terhadap gaya gesek, dimana viskositas dinyatakan dalam satuan SI adalah N.s/m^2.

a. Viskositas dinamik

Viskositas dinamik adalah sifat fluida yang menghubungkan tegangan geser dengan gerakan fluida, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \tag{4}$$

Dimana : μ = Viskositas dinamik (kg/m.s)

τ = Tegangan geser (N/m^2)

du/dy = Gradien kecepatan (m/s)/m

b. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik merupakan perbandingan antara antara viskositas dinamik dengan kerapatan fluida , dirumuskan sebagai berikut:

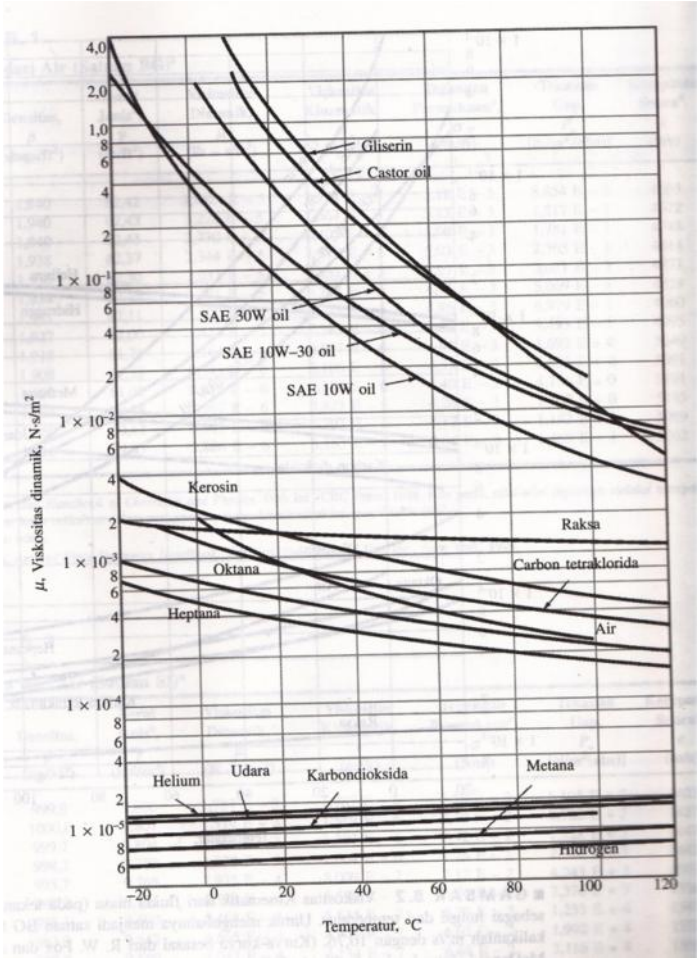
$$v = \frac{\mu}{\rho} \tag{5}$$

Dimana : v = Viskositas kinematik (m^2/s)

μ = Viskositas dinamik (kg/m.s)

ρ = Kerapatan fluida (kg/m^3)

Viskositas adalah besaran ketahanan suatu fluida terhadap perubahan bentuk atau deformasi maupun besaran daya tahan fluida terhadap gaya gesek, dimana viskositas dinyatakan dalam satuan SI adalah N.s/m^2. Viskositas hanya sedikit tergantung pada tekanan, dan biasanya pengaruh tekanan diabaikan dalam viskositas. Namun pengaruh temperatur sangat besar dalam besaran viskositas suatu fluida. Sebagai contoh, jika temperatur air berubah dari 60 °F ke 100 °F kerapatan berkutang sebesar 1 %, namun besaran viskositas air berkurang sebesar 40 %. Sehingga dalam penentuan nilai viskositas suatu fluida, temperatur harus lebih difokuskan.



Gambar 2. Diagram viskositas mutlak fluida sebagai fungsi dari temperatur

Pada Gambar 2 menunjukkan ketergantungan fungsional dari besaran viskositas terhadap temperatur (T). Dimana viskositas dari zat berkurang dengan kenaikan temperatur, namun untuk gas, kenaikan temperatur menyebabkan peningkatan viskositas. Perbedaan ini terjadi karena perbedaan struktur molekul antara zat cair dengan gas. Untuk zat cair pengaruh temperatur terhadap viskositas dirumuskan dengan persamaan Andrade yang digunakan adalah

$$\mu = De^{B/T} \qquad (6)$$

Dimana : μ = Viskositas fluida (kg/m.s)

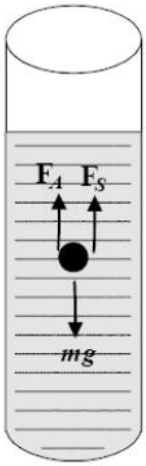
D dan B = Kostanta-kostanta empiris

T = Temperatur (m/s^2)

Dimana D dan B merupakan kostanta-kostanta empiris, dan T adalah temperatur mutlak fluida. Bila viskositas diketahui pada dua temperatur, D dan B dapat ditentukan, atau jika lebih dari dua, datanya dapat dikorelasikan dengan persamaan 4 dengan metode percobaan curva (*curva fitting*).

C. Hukum Newton dan Hukum Stokes

Pada saat bola dijatuh kedalam fluida terjadinya gaya apung bola (F_A), gaya gesekan antara bola dengan fluida (F_S) dan juga gaya berat (W). Sehingga dapat dirumuskan dengan menggunakan hukum I Newton yang mengatakan bahwa mengatakan bahwa perecepatan benda nol jika gaya total (gaya resultan) yang bekerja pada benda sama dengan nol.



Gambar 3. Gaya-gaya pada bola di dalam fluida (Budianto,2008)

Dengan menggunakan hukum I Newton maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Sigma F = 0 \tag{7}$$

$$F_A + F_S = m.g \tag{8}$$

Dengan memasukan rumusan gaya apung (F_A) rumusan gaya gesekan (F_S) dengan menggunakan hukum stokes dan juga memasukkan rumusan massa (W) bola maka akan didapat formula viskositas fluida sebagai berikut ini :

$$\rho_f V g + 6\pi\mu \mathrm{Rv} = \mathrm{mg} \tag{9}$$

$$\rho_f \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) g + 6\pi\mu \mathrm{rv} = \rho_b \left(\frac{4}{3}\pi \mathrm{r}^3\right) \mathrm{g} \tag{10}$$

$$6\mu \mathrm{v} = \frac{4}{3}\mathrm{r}^2 \mathrm{g}(\rho_b - \rho_f) \tag{11}$$

$$\mu = \frac{2}{9} \mathrm{x} \frac{\mathrm{gr}^2(\rho_b - \rho_f)}{\mathrm{v}} \tag{12}$$

Dimana :

μ = koefisien kekentalan fluida (Kg/m.s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

r = jari-jari bola (m)

ρ_b = massa jenis bola (kg/m^3)

ρ_f = massa jenis fluida (kg/m^3)

V = kecepatan terminal (m/s)

Pada rumus menunjukkan adanya hubungan antara viskositas fluida yang diuji dengan kecepatan terminal bola jatuh. Pada saat bola melintasi fluida secara vertikal terjadi koreksi antara bola dengan fluida yang diuji. Sehingga mempengaruhi kecepatan bola jatuh dikarenakan adanya interaksi antara dinding tabung yang digunakan dengan bola (W) dan sampai titik akhir jatuh (E), maka persamaan untuk menghitung besaran nilai viskositas menggunkan rumus sebagai berikut :

$$\mu = \frac{2}{9} \mathrm{x} \frac{\mathrm{gr}^2 \mathrm{W}(\rho_b - \rho_f)}{\mathrm{v} \times \mathrm{E}} \qquad (13)$$

Dimana untuk menentukan nilai koreksiksi dinding (W) dan nilai ends (E) (Leblanc, 1999) menggunakan rumus sebagai berikut ini :

$$\mathrm{W} = 1 - 2.014 \left(\frac{r}{r_s}\right) + 2.09 \left(\frac{r}{r_s}\right)^3 - 0.95 \left(\frac{r}{r_s}\right)^5 \qquad (14)$$

$$\mathrm{E} = 1 + 3.3 \left(\frac{r_s}{H}\right) \qquad (15)$$

D. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds merupakan perbandingan antaran gaya inersia dengan nilai viskositas fluida. Harga bilangan Reynolds dipengaruhi oleh besasaran harga viskositas fluida. Bilangan reynolds dirumuskan sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu} \tag{16}$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynolds

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

V = Kecepatan aliran (m/s)

d = diameter (m)

μ = Viskositas (kg/m.s)

Secara umum bilangan Reynolds digunakan untuk menentukan jenis aliran fluida pada pipa, apakah aliran turbulen atau aliran laminar. Aliran laminar bila bilangan Reynold fluida Re < 2300, dan bila Re > 4000 maka aliran tersebut aliran turbulen. Dimna aliran transisi terjadi pada saat peralihan antara aliran laminar terhadap aliran turbulen.

E. Koefisien Drag

Aliran eksternal (aliran luar) merupakan aliran fluida yang tidak dibatasi oleh dinding. Pada aliran eksternal terjadi koefisen drag antara fluida dengan objek yang melewati fluida. Koefisien drag merupakan besaran bilangan yang menunjukkan tahanan fluida yang diterima oleh suatu objek. Besaran nilai koefisen drag dipengaruhi oleh bentuk geometrik objek. Dimana harga

koefisien drag yang besar disebabkan karena hambatan fluida yang diterima oleh objek adalah besar, dan begitu juga sebaliknya. Untuk mendapatkan harga koefisien drag menggunakan persamaan dibawah ini.

$$Cd = \frac{2F_d}{\rho v^2 A} \quad (17)$$

Dimana :

C_d = Koefisen drag

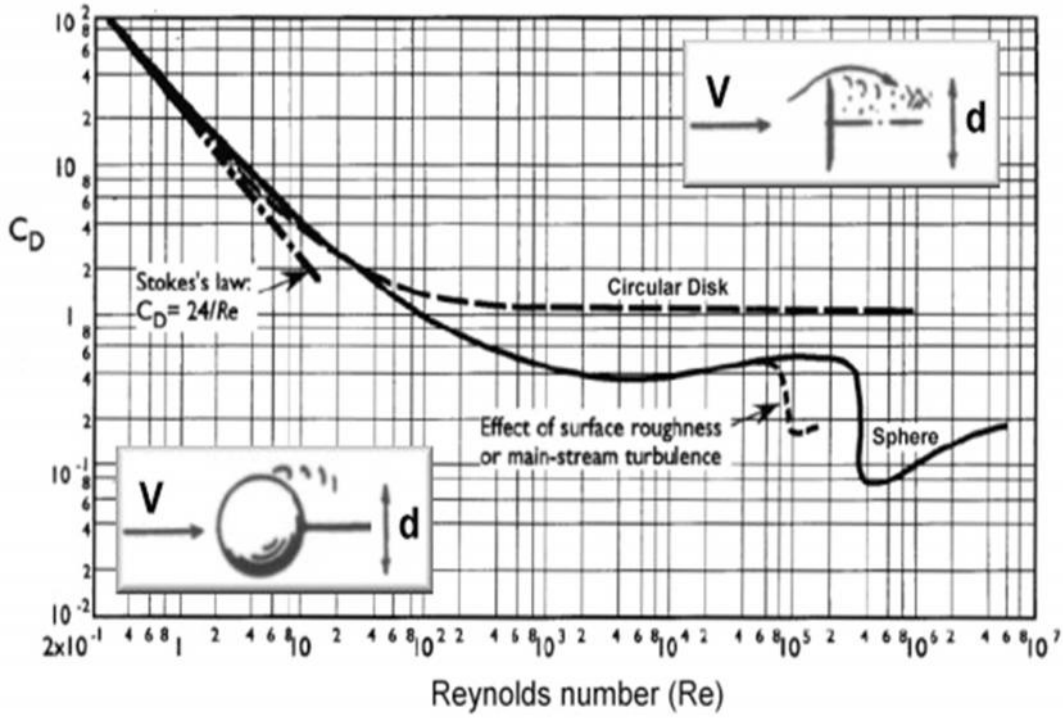
F_d = Gaya drag

v = kecepatan relatif dari objek (m/s)

g = Percepatan garavitasi (m/s^2)

A = Luas penampang objek (m^2)

Koreksi dinding secara impiris berlaku untuk pada nilai $0.16 \leq \frac{r}{r_s} \leq 0.32$. Diluar dari nilai ini, maka akan mengganggu kecepatan bola jatuh karena adanya efek dari koreksi dinding tabung akrilik terhadapa kecepatan bola jatuh, sehingga akibatnya nilai viskositas yang akan dicari tidak valid. Dimana metode ini hanya dapat digunakan untuk mengukur viskositas fluida pada kisaran 10^{-3} Pa.s sampai 10^{5} Pa.s.



Gambar 4. Diagram hubungan Cd terhadap Renolds (Nakayama and Boucher, 1995)

F. Viskometer

Viskometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur viskositas suatu fluida. adapun jenis – jenis dari viskometer adalah sebagai berikut ini :

1. Viskometer Ostwald

   Viskometer Ostwald alat ukur yang menggunakan metode penggukuran dengan berdasarkan laju aliran fluida dalam pipa kapiler vertikal menempuh jarak tertentu menggunakan hukum Poisulle. Pada metode ini parameter yang diukur adalah waktu fluida untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat fluida tersebut. Kelemahan alat ini adalah tidak dapat mengukur fluida yang kental karena

waktu yang diperlukan fluida kental untuk melalui pipa kapiler sangat lama dibandingkan dengan fluida encer.

Gambar 5. Viskometer Ostwald

2. Viskometer Lehman

   Viskometer Lehman merupakan alat ukur dimana nilai viskositasnya didasarkan oleh waktu kecepatan alir fluida yang diuji atau nilai viskositasnya berbanding terbalik dengan waktu kecepatan alir fluida pembanding, dimana fluida pembanding yang digunakan adalah air.

3. Viskometer bola jatuh

   Viskometer bola jatuh merupakan alat ukur yang terdiri dari tabung dimana pada luar dindingnya diselubungi dengan air agar suhu fluida pada tabung tetap konstan. Dimana nilai viskositasnya didasarkan oleh waktu kecepatan bola jatuh ke permukaan tabung yang diisi oleh fluida uji.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Perancangan dan pembuatan alat uji viskometer sistem bola jatuh dimulai pada bulan Juli 2016 di Laboratorium Mekanika Fluida, Teknik Mesin Universitas Lampung.

B. Perancangan dan Pembuatan Alat Uji Viskometer Sistem Bola Jatuh

Dalam perancangan dan pembuatan alat uji ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut ini :

1. Tahap Persiapan

   Tahap ini peneliti melakukan studi literatur dan melengkapi bahan-bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam perancangan alat ukur viskometer sistem bola jatuh.

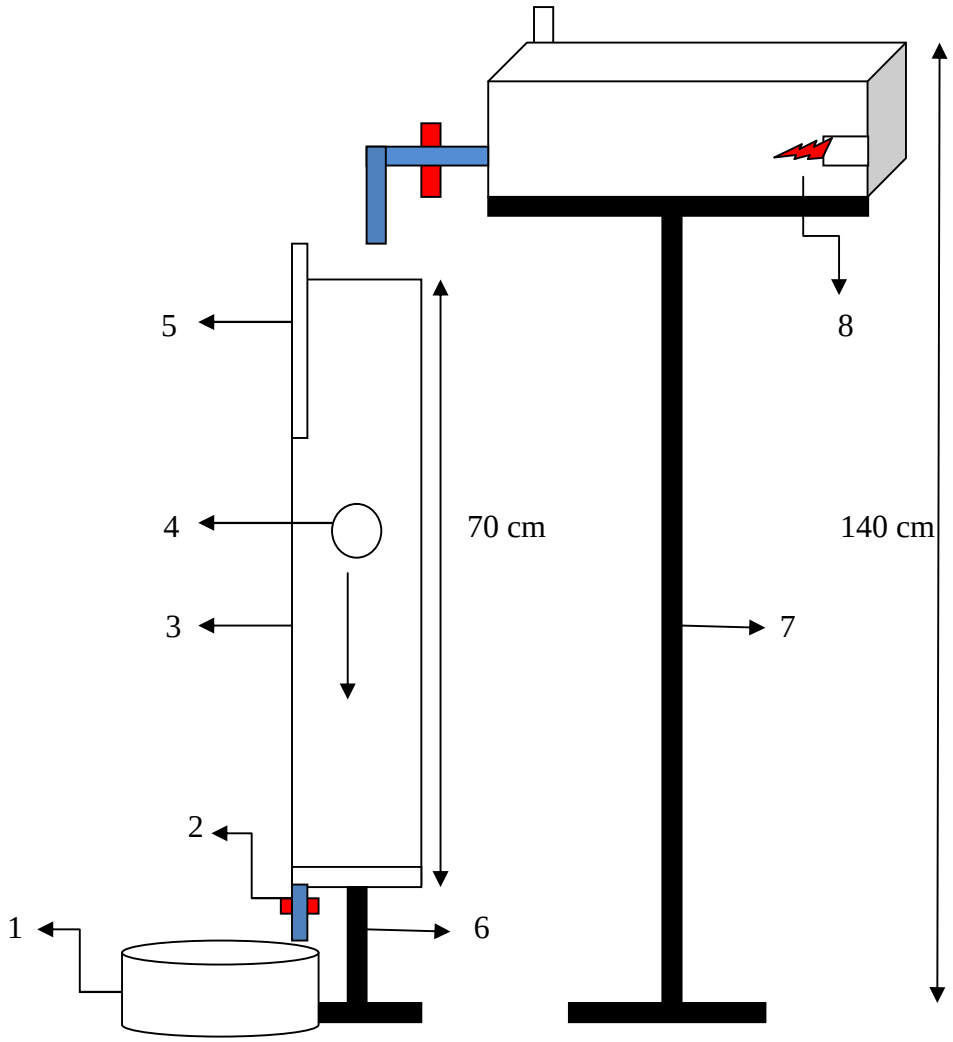
2. Tahap Perancangan

   Tahap ini dilakukan perancangan alat uji viskometer sistem bola jatuh dan persamaan model matematika untuk perhitungan viskositas fluida.

3. Tahap Pembuatan

   Setelah selesai melakukan perancangan, selanjutnya pembuatan alat uji viskometer sistem bola jatuh yang dilaksanakan di

Laboratorium Mekanika Fluida Teknik Mesin Universitas Lampung, skema alat uji ditunjukan pada Gambar 6, sebagai berikut:



Gambar 6. Skema alat uji viskositas dengan menggunakan viskometer bola jatuh

Keterangan gambar :

1. Penampung fluida
2. Pipa
3. Tabung akrilik
4. Bola
5. *Termocouple Type K*
6. Kerangka alat uji
7. Kerangka Heater
8. Heater

Pada tahap ini terdapat beberapa tahapan yaitu :

a. Menyiapkan bahan-bahan dan *tools* yang digunakan dalam pembuatan alat ukur viskometer sistem bola jatuh
b. Membuat frame dan dudukan alat uji viskometer sistem bola jatuh dan *heater*.
c. Setelah semua alat dan bahan yang dibutuhkan sudah lengkap, maka dilakukan perakitan/ *assembly* yang dimulai pemasangan heater pada dudukan alat ukur, dan selanjutnya pemasangan tabung/ pipa akrilik pada frame atau dudukan alat ukur.

C. Alat dan Bahan

1. Adapun alat yang digunakan dalam proses pengujian adalah sebagai berikut ini:

   a. Heater

   Heater digunakan untuk meningkatkan suhu fluida, suhunya disesuaikan dengan parameter yang telah ditentukan.

Gambar 7. *Heater*

b. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur suhu fluida.

Gambar 8. Termometer

c. Kamera

Kamera digunakan merekam jatuh bola pada fluida diuji, untuk mendapatkan waktu bola jatuh yang akurat.

Gambar 9. Kamera

d. Termocouple

Sensor *termocouple* digunkan untuk mengukur temperatur panas fluida didalam tabung akrilik.

Gambar 10. *Thermocouple*

e. Timbangan Massa

Timbangan massa digunakan untuk mengukur massa bola dan fluida yang diuji.

Gambar 11. Kamera

f. Mikrometer Sekrup

Mikrometer sekrup digunakan untuk mengukur diameter bola.

Gambar 12. Mikrometer sekrup

2. Bahan – bahan yang digunakan adalah :

a. Tabung Akrilik

Tabung akrilik digunakan untukwadah penampung fluida yang diuji.

Gambar 13. Tabung Akrilik

b. Besi *Hole*

Besi digunakan untuk membuat frame alat uji dan juga dudukan alat uji yang akat dirancang.

Gambar 14. Besi *Hole*

c. Bola

Bola digunakan untuk objek yang dijatuhkan ke dalam fluida yang uji.

Gambar 15. Bola

d. Oli

Oli digunakan dalam pengujian ini adalah Shell Helix HX5 SAE 15W-40 dan Mesran Super 20W-50

Gambar 16. Oli

D. Pengujian Rancangan Alat Ukur Viskometer Sistem Bola Jatuh

Pada proses pengujian ini, dilakukan untuk mengetahui hubungan antara waktu jatuh bola dengan kecepatan bola. Sehingga akan didapat kecepatan terminal bola, yang akan digunakan untuk menghitung nilai viskositas fluida yang diuji. Adapun parameter-parameter yang dapat diketahui dalam pengujian ini adalah :

1. Suhu/temperatur fluida yang diuji dan diukur dengan menggunakan alat ukur termometer dan termocouple.
2. Waktu (t) bola jatuh yang diukur dengan menggunakan kamera digital.

Prosedur pengujian yang dilakukan pada saat pengambilan data adalah sebagai berikut ini :

1. Menyiapkan fluida yang akan diuji dan juga menyiapkan bola
2. Melakukan pemanasan fluida dengan menggunakan heater untuk menaikkan temperatur fluida sesuai dengan temperatur yang telah ditentukan.
3. Melakukan pengambilan data waktu bola jatuh dan dilakukan secara bertahap dengan menggunakan fluida yang berbeda dan juga temperatur yang telah ditentukan.

E. Analisis Data

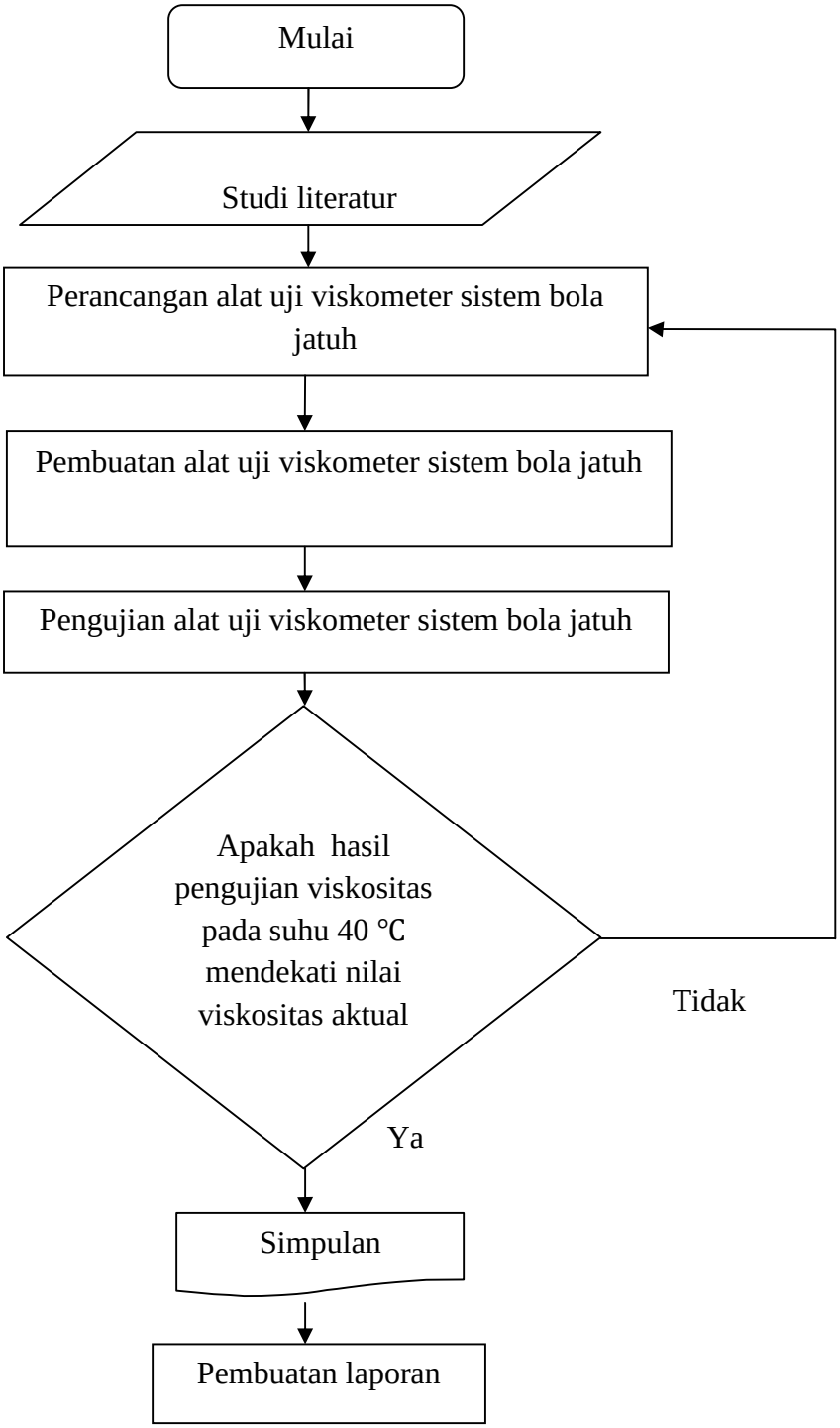
Setelah dilakukan pengujian, maka diadapat data-data hasil pengujian yang akan dianalisis dan dibandingkan dengan grafik hubungan antara waktu bola jatuh dengan kecepatan jatuh bola. Yang dimana alat ini akan digunakan untuk menunjang praktikum Fenomena Dasar Mesin untuk S1 dan praktikum Fisika Terapan untuk mahasiswa D3 Teknik Mesin di Labaoratorium Mekanika Fluida jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Adapun persamaan yang digunakan untuk menganalisis data hasil pengujian menggunakan Persamaan 1, 11, 12, dan 13. Data-data yang akan diperoleh dari pengujian alat ukur viskometer sistem bola jatuh dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh tabel pengambilan data pengujian alat viskometer sistem bola jatuh

Massa dan diameter bola	Temperatur (T)	Waktu(t)	Jarak (s)

F. Diagram Alur Pelaksanaan Tugas Akhir

Alur pelaksanan yang dilakukan dalam tugas akhir ini, digamabarkan pada diagaram berikut ini:



Gambar 17. Diagaram alur penelitian tugas akhir

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Adapun kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Pada laporan Tugas Akhir ini telah dilakukan perancangan dan pembuatan alat uji viskometer sistem bola jatuh di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Setelah dilakukan perancangan maka diperoleh nilai dimensi bola yaitu diameter bola sebesar 0.016 m dengan massa jenis bola sebesar 950 kg/m^3, dan dimensi tabung akrilik yang digunakan yaitu diameter tabung sebesar 0.056 m dengan nilai koreksi dinding sebesar 0.28 dan panjang tabung akrilik yang digunaka sebesar 0.6 m.
3. Pada pengujian alat uji viskometer sistem bola jatuh, dengan menguji viskositas oli Mesran Super SAE 20 W- 50 pada suhu 40 ℃ didapat rata-rata nilai kecepatan terminal sebesar 0.044 m/s dan nilai viskositas sebesar 0.122 kg/m.s dengan error pengujian sebesar 10,2 % dan juga menguji oli Shell Helix 5X SAE 15 W- 40 pada suhu 40 ℃ didapat rata-rata nilai kecepatan terminal sebesar 0.06 m/s dan nilai viskositas sebesar 0.10 kg/m.s dengan error pengujian sebesar 11 %. Dengan nilai viskositas

aktual fluida oli Mesran Super SAE 20W-50 sebesar 0,136 kg/m.s dan nilai viskositas fluida Shell Helix SAE 15W-40 sebesar 0.9 kg/m.s pada suhu 40 ℃.

4. Dari hasil pengujian dan analisis alat uji viskometer sistem bola jatuh tersebut, maka alat ini dapat digunakan untuk mendukung proses praktikum fenomena dasar mesin bagi mahasiswa S1 dan praktikum fisika terapan bagi mahasiswa D3 Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Biaya perancangan dan pembuatan alat uji viskometer sistem bola jatuh relatif lebih murah/terjangkau bila dibandingkan dengan alat yang dibeli dikarenakan bahan dan alat yang digunakan dapat ditemukan di toko material.

B. Saran

Adapaun saran yang dapat diberikan setelah melakukan pengujian dan analis adalah sebagai berikut :

1. Alat uji viskometer sistem bola jatuh sebaiknya menggunakan sensor digital dalam menghitung waktu jatuh bola, sehingga diperoleh data yang lebih akurat dibanding dengan menggunak perhitungan waktu secara manual dengan menggunakan kamera digital.
2. Pengaruh diameter bola dan juga diameter tabung yang digunakan sebaiknya di analisis lebih akurat dalam pengukuran nilai viskosisitas fluida sehingga akan diperoleh nilai viskositas yang lebih akurat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Budiarto, A.W., dkk. 2013. *Study Exsperimental Pengaruh Pemasangan Model Side Skirt Terhadap Coefisient Drag dan Gaya Drag*. Proton.

Budianto Anwar. 2008. *Metode Penentuan Koefisien Kekentalan Zat Cair Dengan Menggunakan Regresi Linear Hukum Stokes*. Yogyakarta.

Leblanc, G.E., 1999. *Viscosity Measurement*. McMaster University.

Munson, B. R., dkk. 2003. *Buku Mekanika Fluida Edisi Keempat*. Penerbir Erlangga. Jakarta.

Nakayama, Y and Boucher, R.F., 1995. *Intoduction To Fluid Mechanics*. New York

Siregar, J.F., 2012. *Perancangan Alat Uji Gesekan di Dalam Saluran. Skripsi Teknik Mesin*. Universitas Lampung.

Yuan, Ping, dkk. 2012. *Measurement of viscosity in a vertical falling ball viscometer*. Department of Mechanical Engineering, Lee Ming Institute of Technolo