

C02

**Pengembangan Alat Experimen Reynold untuk Visualisasi titik transisi dari aliran pipa Laminar ke Turbulent****Dipl.-Ing.[FH] Agustinus Gai, M.Eng.**

Program Studi Teknik Sistem Energi, Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Internasional Papua

Email: agustinusgiyai@gmail.com

**ABSTRAK**

Experimen Reynolds menjelaskan fenomena aliran Fluida laminar, transisi dan turbulent dalam sebuah pipa. Dengan titik kritis bilangan Reynolds  $Re = 2000-4000$ . Tujuan Penelitian ini adalah untuk memvisualisasi titik transisi antara aliran laminar dan turbulent pada pipa dengan mengembangkan alat Experimen yang ada di Laboratorium Teknik IUP. Alat Experimen Reynold juga dikembangkan dalam penelitian ini. Beberapa komponen seperti jarum plastik tumpul, pengukur debit Volume axial yang terhubung dengan ALEMOMO 2590, alat ukur tinggi air, pompa submersible, Profil 8 (40x40) dari ITEM untuk kerangka Experimen merupakan alat-alat yang diinstalasi di dalamnya. Empat Metode Experimen digunakan dalam memvisualisasikan aliran Fluida; (1) Satu aliran, (2) Aliran balik, (3) Variasi putaran Ventil, (4) Uji coba kemanfaatan zat pewarna. Dalam experimen (1), (2), dan (3) menggunakan cairan pewarna Kaliumpermanganat ( $KMnO$ ). Hasil penelitian dengan Experimen (1) terlihat bahwa pada pada detik ke 68,93 dengan bilangan  $Re = 4861$  aliran Fluida memasuki turbulen yang berakhir pada detik ke 190,84 dengan bilangan  $Re = 14495$ . Dengan Zona transisi antara laminar dan turbulent selamat 33 detik yang nilai  $Re$  berada antara  $Re = 2173 - 4861$ . Experimen (2) yang menghasilkan rata-rata  $Re = 18133$ , turbulen. Kemudian (3) dilakukan metode satu aliran, hasilnya zona laminar aliran bertahan selama 31,1 detik dari  $Re = 900 - 1882$ . Pada zona transisi bertahan selama 55 detik dengan  $Re = 2240 - 3981$  dan zona turbulent dengan  $Re = 4263 - 8222$  dalam 23 detik. Pada Uji Warna (4), dapat disimpulkan bahwa Kaliumpermanganat ( $KMnO$ ) sangat baik digunakan dalam Experimen Reynold karena dapat memvisualisasikan jenis Aliran Laminar dan turbulensi dengan baik dan jelas.

**Kata kunci:** Experimen Reynold, bilangan Reynold, turbulen, laminar, visualiasi aliran Fluida.

**PENDAHULUAN**

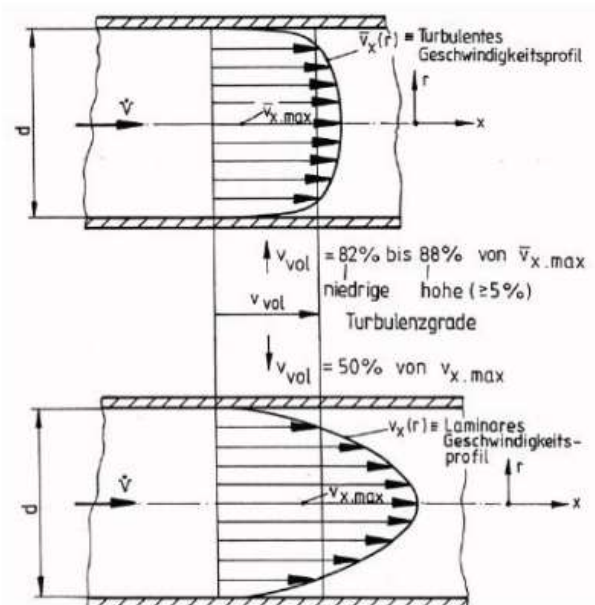
Untuk memahami sifat alair air dalam sebuah pipa seorang insinyur Jerman, Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen pada tahun 1839 membuat sebuah percobaan dan diwaktu yang bersamaan seorang psikolog dan fisikawan Prancis; Leonard Maria Poiseuille mengamati aliran darah dalam nadi. Melalui penelitiannya kedua ilmuan tersebut menghasilkan Hukum Hagen-Poiseuille yang meringkas aliran stasioner laminar yang melalui sebuah pipa dengan Radius  $R$  dan panjang pipa. Dengan menggunakan hukum Newton satu di mana Gaya tekan, gaya gesek dan gaya inersia dinyatakan sama dengan nol. Melalui integrasi matematika maka akan menghasilkan distribusi kecepatan dalam sebuah pipa dan persamaan yang kita kenal dengan Persamaan Hagen-Poiseuille yang mendeskripsikan debit Volume dan radius pipa. [Korneck, 2009]

Osborne Reynolds [1842-1961) pada tahun 1883 dari hasil pengamatannya menyimpulkan dan memperkenalkan sebuah experimen mengenai sifat sebuah Fluida dalam sebuah akuarium yang

berisi air. Dengan memutar Ventil air secara perlahan yang mana pada sisi dalam Akuarium dialirkan juga sebuah zat pewarna tertentu yang ikut tercampur dengan air dan mengalir keluar. Aliran ini membentuk sebuah garis linear yang teratur yang disebut dengan aliran laminar. Dengan memutar Ventil secara kontinue maka kecepatan alir air bertambah dan zat pewarna tersebut mengalir secara tidak teratur yang kemudian disebut dengan aliran turbulenta. Sedangkan ketika zat pewarna mulai mengalami ketidakaturan dalam alirannya yang disebut dengan aliran transisi atau titik kritis aliran.

Dengan demikian secara umum **keadaan laminar** pada aliran Fluida terjadi pada kecepatan alir yang kecil dan zat pewarna terlihat teratur serta linear. Ini muncul hampir tidak beriak. Sedangkan **keadaan transisi** terjadi ketika kecepatan bertambah sejalan dengan diputarnya Ventil, di mana aliran itu mulai berdenyut secara periodik. Pada **keadaan turbulenta** kecepatan alir terus dinaikkan dan denyutan aliran ini akan pecah yang mana zat pewarna terdistribusi secara tidak teratur. Artinya komponent kecenderungan kecepatan alir Fluida tidak hanya pada arah gerak Fluida tapi juga ada ke arah yang lain. Untuk menggambarkan distribusi kecepatan pada aliran dapat dilihat pada gambar berikut.

Bilangan Reynold digunakan untuk mengkarakterisasi bentuk aliran yang dipengaruhi oleh inersi dan viskositas Fluida. Secara konkret dalam industri pelumasan pada *bearing*, bilangan Reynolds berperan penting dalam memungkinkan pilihan bebas akan besaran Model, kecepatan, dan Fluida yang tepat, asalkan nilai Reynold pada Model dan desain skala benda sama besar. Nilai Kritis Bilangan Reynold sendiri berada pada 2320 artinya jika  $Re < 2320$  maka aliran Fluida berada pada aliran laminar. Sedangkan jika aliran  $Re > 2320$  maka disebut dengan aliran turbulenta. Bilangan Reynold juga digunakan dalam perhitungan bilangan gesek pada pipa pada zona laminar dan turbulenta [Sigloch, 2011].



**Gambar 1 : Aliran pipa turbulenta dan laminar dengan kecepatan rata-rata volumetrik [Thamsen, 2009]**

Ada pun beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan Experimen Reynold adalah pertama oleh [Andreas, 2009] dari Universitas Kaiserlautern yang menggunakan zat pewarna Kalium permanganat, titik posisi kedalaman jarum yang berdiameter 0,6 mm dalam wadah 1,2 cm dari permukaan, dengan menggunakan metode satu aliran, perbandingan geometri wadah dan pipa 23,36 menghasilkan titik kritis sebesar 1600. Kemudian oleh [Shubhangi Bansude, 2012] yang menggunakan

zat pewarna tinta dengan diameter pipa 2,5 cm menghasilkan titik kritis Reynold 2936,34 dan 3330,79. Sedangkan oleh [Mirido, 2010] dengan menggunakan zat pewarna tinta dengan diameter pipa 0,0833 ft yang menghasilkan titik kritis bilangan Reynold sebesar 1830. Pada [Mujette, 2010] yang menggunakan tinta dan diameter dan panjang pipa masing-masing 2,54 cm dan 95 cm menghasilkan titik kritis bilangan Reynold sebesar 5341. Oleh [Jey, 2016] yang mengatakan zat pewarna yang sama dengan Mujette dengan diameter pipa 0,01 m menghasilkan 11,91 dan 1348. [Geek, 2016] dengan diameter pipa 16 mm menghasilkan titik kritis Reynold sebesar 3289. Dan yang terakhir adalah [Doerr, 2008] yang menggunakan pewarna makan yang experimennya dilangsungkan dalam pipa dengan diameter 0,06 m yang menghasilkan titik kritis Reynold 2318.

## METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijelaskan 4 Metode yang digunakan dalam mencoba memvisualisasi aliran Reynold pada experimen Reynold:

### Metode Satu Aliran

Pada experimen satu aliran, bahan yang tidak digunakan hanyalah pompa, karena tujuan dari metode ini adalah melihat fenomena aliran ketika Fluidaa dalam wadah mengalir hingga habis secara perlahan sejalan dengan diputarnya Ventil pada aliran keluar alir.

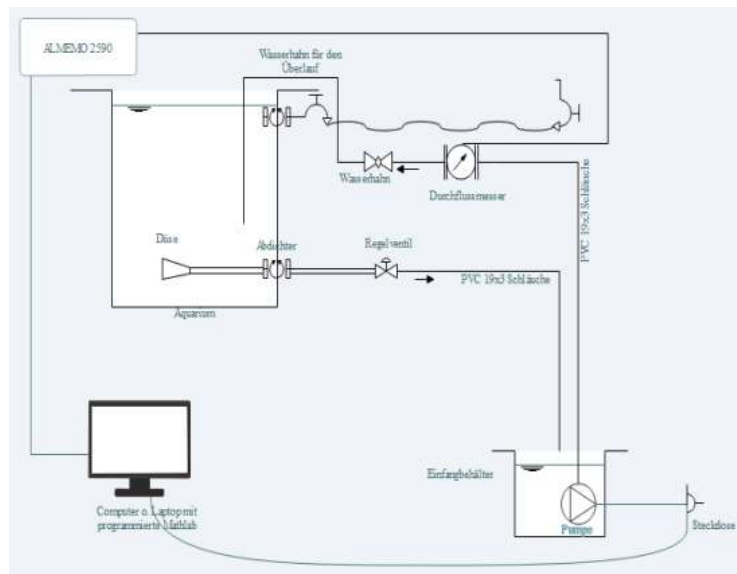
#### *Experiment setting*

Bahan yang digunakan dalam experimen setting ini adalah sebagai berikut:

**Tabel 1 : Bahan yang digunakan pada Experimen Reynold**

<i>No</i>	<i>Alat</i>	<i>Volume</i>
1	Axial turbine Flowmeter FVA 915 VTH 1.16	1
2	Termometer dan Alat ukur kelembaman udara	1
3	Araometer	1
4	Pompa tenggelam	1
5	pengaris	1
6	Jarum suntik plastik	1
8	Ventil alir air 3VD	1
9	Pipa alir Fluida keluar	1
10	Aquarium	1

Zat pewarna yang digunakan adalah Kaliumpermanganat (KMnO)



**Gambar 2 . Experimen setting**

*Proses Analisis*

Adapun proses analisis pertama-tama dengan menggunakan persamaan kontinuitas kita menghitung kecepatan alir Fluidaa yang melalui ketiga penampang  $c_1, c_2, c_3$ .  $c_1$  adalah kecepatan turunnya air pada aquarium,  $c_2$  kecepatan alir air sebelum Ventil,  $c_3$  adalah kecepatan air sesudah melewati Ventil.

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 \tag{1}$$

$$c_1 \cdot A_1 = c_2 \cdot A_2 \tag{2}$$

Dengan berkurangnya volume air maka tinggi volume air pada wadah mengecil  $\frac{dh}{dt} = h'(t) = c_1$ , maka bilangan Reynold dapat di tentukan dengan menggunakan persamaan (2)

$$\frac{dh}{dt} \cdot A_1 = c_2 \cdot A_2 \tag{3}$$

$$\frac{dh}{dt} \cdot l_A \cdot b_A = c_2 \cdot \pi \cdot r_2^2 \tag{4}$$

$$c_2 = \frac{\frac{dh}{dt} \cdot l_A \cdot b_A}{\pi r_2^2} \tag{5}$$

*Batasan:*

- $h'(t)$  diturunkan dari persamaan kuadratik  $h(t) = at^2 + bt + c$  yang didapat melalui pencatatan menurunnya tinggi air pada wadah terhadap waktu
- $A_1$  dan  $A_2$  adalah luas Silinder/penampung air dan pipar alir keluar Fluidaa
- $l$  dan  $b$  adalah panjang dan lebar wadah penampung Fluidaa

Dengan menggunakan persamaan kontinuitas maka kita akan mendapat  $c_3$

$$c_3 = \left(\frac{d_2}{d_3}\right)^2 \cdot c_2 \tag{5}$$

Setelah itu debit volume dapat dihitung juga dengan persamaan kontinuitas

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 = \dot{V}_3 = c_2 \cdot A_2 \tag{6}$$

Pada bagian akhir dari proses analisis ini adalah perhitungan bilangan Reynold dengan rumus berikut.

$$Re = \frac{d_2}{\nu} \cdot \frac{dh}{dt} \cdot l_A \cdot b_A \quad (7)$$

#### Metode Aliran Balik

Pada metode ini pompa digunakan sebagai untuk membalikan alir yang telah melewati Ventil. Proses analisisnya menggunakan algoritma yang menggunakan MATLAB, dimana dengan bantuan alat ukur debit Volume Axial turbine Flowmeter FVA 915 VTH 1.16 didapatkan debit volume pada posisi 1 maka Reynold dapat dihitung dengan mudah. Experimen *setting* nya demikian sama dengan metode satu aliran.

#### Metode putaran variasi Ventil

Pada metode ini Ventil divariasi putarannya dari putaran 1 – 12 dengan menggunakan zat pewarna Kaliumpermanganat [KMnO] yang digunakan. Dalam proses analisisnya menggunakan proses analisis yang sama seperti pada metode satu aliran.

#### Uji kemanfaatan Zat Pewarna

Dalam uji zat perwarna ini diuji lima zat pewarna yakni:

- Kaliumpermanganat
- Larutan Indigo dalam Leucoform
- Pewarna makanan WUSITTA pada 20 ml
- LiCs-Cision-CORPROTETOR
- Tinta Pelikant 30 ml

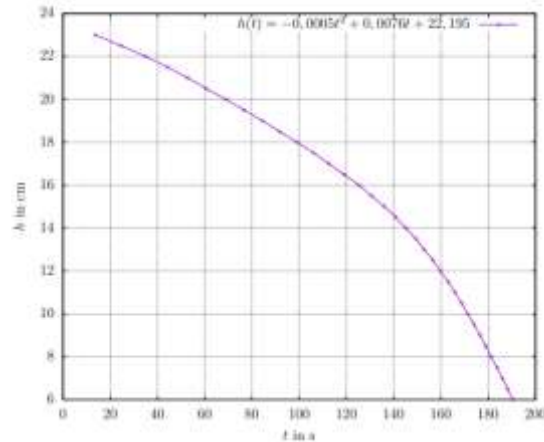
Dengan indikator pada zat pewarna akan digunakan adalah:

- Warna yang jelas, kritis, tanpa busa
- Massa jenis yang hampir sama besar dengan air
- Mudah larut dalam air
- Stabil pada temperatur ruangan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

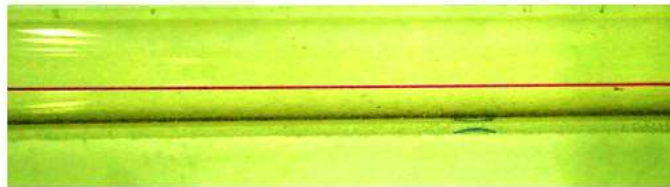
#### Metode satu aliran

Pada grafik 1 terlihat garis kuadratis menurun yang menunjukkan bahwa aliran Fluida mengurangi volume air dalam akuarium. Penggaris menunjukkan tinggi air dalam aquarium sebesar 23 cm di mana waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir keluar adalah sebesar 17 detik hingga tinggi 6 cm dari permukaan bawah aquarium. Grafik ini menunjukkan bahwa air berkurang dalam wadah terhadap waktu.



**Grafik 1:  $h(t)$  pada metode satu aliran**

Secara optis dapat dilihat beberapa gambar berikut ini yang menunjukkan aliran laminar, transisi dan turbulnet ketika air mengalir keluar dari aquarium.



**Gambar 3 : Secara Optis, aliran laminar pada Metode satu aliran**

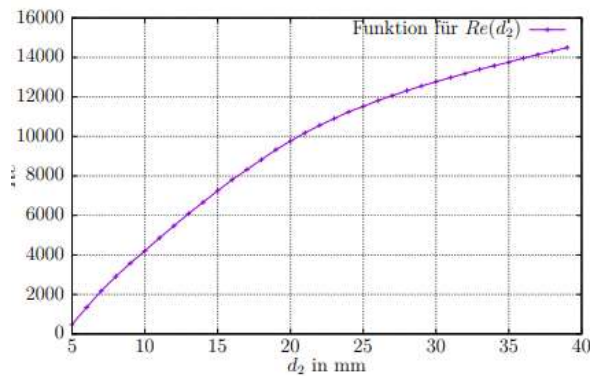


**Gambar 4 : Secara Optis, aliran transisi pada Metode satu aliran**



**Gambar 5 : Secara Optis, aliran turbulent pada Metode satu aliran**

Grafik 2 ditampilkan untuk menunjukkan perubahan nilai Reynold terhadap diameter  $Re(d_2)$  pada pipa yang bergantung pada kecepatan  $c_2$  dan viskositas  $v$ . Pada gambar ini terlihat bahwa diameter 0 mm dimulai dengan bilangan Reynold 477 dan pada diameter 39 mm bilangan Reynoldnya adalah 14495. Dari grafik ini dapat kita lihat bahwa semakin besar nilai Reynold semakin besar juga nilai diameter secara kuadratik.



Grafik 2: Re (d<sub>2</sub>)

### Metode Aliran Balik

Pada metode aliran balik bilangan Reynold rata-rata berada pada nilai 18150 yang artinya bahwa pada metode aliran balik alirannya adalah turbulent.

### Metode variasi putaran Ventil

Berikut gamrakan secara optis aliran Fluidaa yang terbentuk setelah dilakukan putaran Ventil. Pada putaran Ventil 1-4 terlihat aliran laminar. Sedangkan pada putaran 5-7 terlihat aliran transisi dan pada putaran 7-12 adalah aliran turbulen.



Gambar 5 : Secara Optis, aliran turbulent pada Metode sputaran Ventil dari putaran 1-4

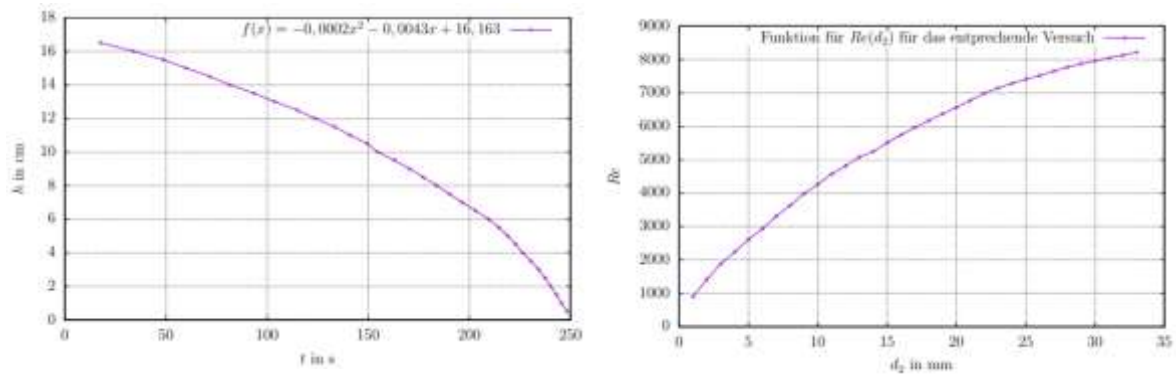


Gambar 5 : Secara Optis, aliran turbulent pada Metode putaran Ventil dari aliran 5 - 7



Gambar 5 : Secara Optis, aliran turbulent pada Metode putaran Ventil dari putaran 7 - 12

Grafik h(t) dan Re(d<sub>2</sub>) ditunjukkan pada grafik 3 dan 4 secara merunut. Grafik 3 menunjukan berkurangnya volume air dalam aquarium yang terjadi selama 148,5 detik dengan nilai Re = 2240 – 3981 sebagai titik kritisnya. Pada grafik 4 ini terlihat hubungan bilangan Re terhadap diameter pipa yang digunakan.



### Uji kemanfaatan zat Pewarna

- *Kaliumpermanganat*: dalam ujinya warnanya sangat jelas, terlihat kristal dan tanpa busa. Massa jenisnya berada pada 1,007 g/cm<sup>3</sup>, mudah larut dalam air dan sangat stabil pada temperatur ruangan.
- *Larutan Indigo dalam Leucoform* : tidak mudah larut dengan air, mudah terlihat ketika aliran laminar, Ketika kecepatan air dinaikkan warna menjadi tidak jelas,
- *Pewarna makanan WUSITTA pada 20 ml* : pada aliran laminar terlihat jelas, warnanya sangat pekat dan mewarnai Apparatus, viskositasnya cukup tinggi dibanding air.
- *LiCs-Vision-Corprotector*: sangat jelas jika dialirkan dalam ruang gelap, tidak larut dengan air, pada kecepatan aliran Fluida yang tinggi warna zat tidak terlihat jelas.
- *Tinta Pelikan* : mudah larut dalam air, viskositas sangat besar (kental sekali dibanding air), pada kecepatan tinggi warna tidak terlihat jelas.

### KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini untuk metode satu aliran adalah bahwa titik kritis bilangan Reynold terdapat pada nilai 2173 - 4861 yang terjadi selama 2 detik. Nilai ini didapat melalui turunan fungsi kuadrat  $dh/dt$ , perubahan tinggi volume air terhadap waktu. Secara optis juga terdapat visualisasi yang sangat baik dan jelas dilihat. Sedangkan pada aliran balik, rata-rata nilai Reynold berada pada nilai 18150 yang artinya aliran turbulente. Untuk Metode Variasi putaran Ventil, nilai kritis Reynold berada pada putaran 5 – 6 dengan nilai 2240 hingga 3981. Pada metode ini visualisasi aliran laminar, transisi dan turbulente sangat terlihat jelas. Yang terakhir pada uji kemanfaatan pewarna, Larutan Kaliumpermanganat menjadi alternatif pilihan zat pewarna terbaik yang bisa digunakan dalam penelitian lebih lanjut.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang besar kepada Universitas Internasional Papua dan tidak lupa juga ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kollega Hochschule Zittau7Görlitz dan Civitas Universitas internasional Papua yang banyak membantu memberikan sumbangsi pikiran dan Ide dalam rangka pelaksanaan dan penyelesaian Penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Korneck, 2009. *Themenblock Übergang von laminarer Strömung zur Turbulenz bei Rohrströmungen*. University of Frankfurt s. 244.
- Thamsen Pael, Uwe Helmut, E. Siekmann, 2009 *Strömung für den Maschinenbau*. Number S 96,198.94,202 in 2. Springer, 2 edition.

- Herbert S, 2009, *Technische Fluidadynamik*. Number 86 in 8. Springer, 8 edition, Herbst 2011.
- Andreas W, Stefan A, Bodo E, Hans J. J. *Ein messvideo zum farbdafenversuch nach reynolds*. Praxis der Naturwissenschaften- Physik in der Schule.
- Subhangi Bansude, 2012, *Experimen No.10.1-Reynolds Experimen*, <https://de.scribd.com>, Oktober.
- Mirido Stephen, 2010, *Critical Reynolds Number*, <https://de.scribd.com>, oktober .
- Godmalin Mujette, 2010, G Godmalin, *Determination of Reynolds Number*. <https://de.scribd.com>.
- Jackman Jay, 2016, *Reynolds Number Demonstration*, <https://de.scribd.com>, September.
- Geek3112, 2016 *Osbourne Reynolds Apparatus Experimen*. <https://de.scribd.com>, 28 November.
- Dörr Johannes Bischoff, Jan Schaumann, 2008 *Bestimmung des Umschlagpunktes laminar-turbulente bei einer Rohrströmung*. DLR.