

Panduan Pengukuran Viskositas Fluida Menggunakan Viscometer Brookfield



VISCOMETER BROOKFIELD AMETEK

Daftar Isi :

Disclaimer	3
Definisi Viskositas	4
Mengapa Mengukur Viskositas ?	5
Jenis-jenis Viscometer	6
Prinsip Kerja Viscometer Brookfield	8
Cairan Newtonian vs Non Newtonian	12
Berbagai Model Viscometer Brookfield	15
Panduan Memilih Viscometer	19
Mengapa Memilih Viscometer Brookfield	21
Panduan Penggunaan Viscometer Brookfield	23
Variabel Hasil Pengukuran Viskositas	28
Akurasi Hasil Pengukuran Viscometer Brookfield	33
Viskositas Semu vs Viskositas Absolute	34
Beberapa Accessories Viscometer Brookfield	35
Prosedur Kalibrasi Viscometer Brookfield	38
Preventive and Maintenance Viscometer Brookfield	42
Daftar Pustaka	44
Tentang Penulis	47

DISCLAIMER

Tulisan ini kami buat untuk berbagi pengalaman dan memberikan pemahaman cara pengukuran viskositas yang benar menggunakan Viscometer Brookfield / Rotational Viscometer, terutama kami tujuan untuk para pengguna viscometer Brookfield, tetapi tidak menutup kemungkinan dapat dipakai sebagai bahan referensi pada penggunaan Viscometer yang sejenis. Pengukuran viskositas memerlukan pemahaman khusus dikarenakan banyak variabel penyerta yang akan menentukan hasil pengukuran.

Dengan segala kerendahan hati bahwa tulisan ini jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis, oleh karena itu kami sangat terbuka jika para pembaca ingin menyampaikan kritik, koreksi, saran dan masukan membangun berbagi pengetahuan dan pengalaman.

Sekiranya artikel ini bermanfaat, kami persilahkan untuk membagikan kepada kolega yang berkepentingan tanpa merubah isi seijin penulis.

Anda dapat mendownload artikel-artikel yang lain, silahkan kunjungi website kami : <https://visco-meter.com/download>.

Jakarta, Desember-2019

Salam hormat,

Mugi Raharjo

0818-822-488

mugi_tsp@yahoo.co.id

Definisi Viskositas

Viskositas atau kekentalan cairan adalah **hambatan dari cairan tersebut untuk mengalir atau berubah bentuk ketika mendapatkan gaya dari luar**. Di dalam cairan terdapat ikatan-ikatan molekul yang bersifat kohesif dan menyebabkan cairan cenderung menyatu dan tidak mudah bergerak. Semakin tinggi ikatan molekul semakin tinggi tingkat viskositasnya atau dalam bahasa praktis disebut cairan kental. Sebaliknya jika ikatan antar molekul renggang maka cairan semakin cair dan cenderung mudah bergerak, atau dalam bahasa sehari-hari disebut cairan encer. Jika ada cairan air dan shampo maka kita dapat mengatakan bahwa air lebih encer dibandingkan dengan shampo atau sebaliknya shampo lebih kental dibandingkan dengan air.

Besaran viskositas pada umumnya dinyatakan dalam satuan :

- **Pa.s** (Pascal second) atau satuan turunannya **mPa.s** (milli Pascal second) untuk Viskositas Dinamik (Dynamic Viscosity). Sering juga dinyatakan dalam satuan **cP** (centi Poise) untuk menghormati penemunya seorang ilmuwan Perancis **Jean Leonard Marie Poiseuille**. Dimana **1 cP = 1 mPa.s**
- sedangkan untuk satuan Viskositas Kinematik (Kinematic Viscosity) dinyatakan dalam satuan **mm²/s** (mili meter square per second) atau dalam satuan **cSt (centi Stokes)** sebagai penghormatan terhadap ilmuwan Irlandia bernama **Sir George Stokes**. Dimana **1 cSt = 1 mm²/sec**.

Mengapa Mengukur Viskositas ?

Di dalam industri manufaktur bahan cairan memegang peranan sangat penting, mulai dari bahan mentah, proses produksi, hingga berupa barang jadi. Salah satu faktor yang mempengaruhi mutu produk cairan adalah tingkat kekentalan atau viskositasnya, selain faktor-faktor lainnya semisal : kandungan gizi, warna, aroma, rasa, tekstur, tingkat pH, serta kandungan unsur yang lain. Oleh karena itu tingkat kekentalan atau viskositas cairan sangat penting untuk diukur agar mendapatkan hasil produksi yang konsisten mutunya.

Pengukuran viskositas dapat dimulai dari bahan mentah, proses formulasi, proses produksi hingga proses Kontrol Mutu produk jadi untuk memastikan tingkat viskositas sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Para produsen barang cair baik itu berupa : **Makanan, Minuman, Kosmetik, Farmasi, Cat, Coating, Tinta, Polymer, Asphalt, Detergent, Resin, Lem, dsb.** tentu tidak ingin mengecewakan pelanggan karena viskositasnya tidak konsisten. Beberapa **contoh aplikasi** pengukuran viskositas cairan untuk keperluan industri dapat Anda download di : <https://visco-meter.com/download>

Tulisan ini kami buat untuk memberikan pemahaman yang lengkap tentang pengukuran viskositas fluida/cairan khususnya dengan menggunakan **methode Spindle berputar (Rotational Viscometer)**, sekaligus sebagai pelengkap materi Training, Diskusi, Presentasi kami kepada para pengguna Viscometer Brookfield. Banyak pemakai viscometer yang kami temui memiliki pemahaman yang kurang tepat tentang pengukuran viskositas yang benar.

Jika Anda sebagai pemakai Viscometer memiliki pertanyaan-pertanyaan seperti berikut ini, berarti Artikel ini penting untuk Anda baca.

- Bagaimana **memilih Viscometer** yang tepat untuk kebutuhan Anda
- Bagaimana **menentukan Spindle dan RPM** saat pengukuran
- Mengapa **nilai viskositas sample berubah** jika diukur dengan Spindle atau RPM (Shear Rate) yang berbeda. Nilai viskositas mana yang benar ?
- Faktor-faktor apa saja yang **mempengaruhi nilai Viskositas**.
- dsb.

Sudah kita ketahui bersama bahwa Alat untuk mengukur kekentalan cairan atau Fluida disebut Viscometer atau Viskometer. Beberapa orang juga menamakannya dengan Viskosimeter, ada pula yang menyebut Viscotester. Untuk menyamakan bahasa kita sebut saja **Viscometer**. Selain Viscometer, Brookfield juga memproduksi : [Texture Analyzer](#) dan [Powder Flow Tester](#).

Mengenal Berbagai Jenis Viscometer

Terdapat banyak jenis Viscometer dilihat dari cara/prinsip kerjanya yang dipakai dalam industri. Berikut ini adalah jenis-jenis viscometer berdasarkan prinsip kerjanya :

- **Viscometer Celah sempit** (Orifice Zahn Cup Viscometer)
- **Viscometer Pipa kapiler** (Capillary Viscometer)
- **Viscometer Bola jatuh** (Hoopler Falling Ball Viscometer)
- **Viscometer Getaran** (Vibration Viscometer)
- **Viscometer Spindel** / Rotor berputar (Rotational Viscometer)

Viscometer dengan prinsip kerja Bola jatuh, Spindle berputar, Getaran menghasilkan pengukuran **Viskositas Dinamik (Dynamic Viscosity)** di mana memerlukan faktor penggerak eksternal untuk menyebabkan cairan mengalir atau bergerak. Satuan Viskositas Dinamik dinyatakan dalam **mPa.s (milli Pascal second)** atau dalam **cP (centi Poise)**.

Sedangkan Viscometer model Celah sempit dan Pipa Kapiler untuk pengukuran **Viskositas Kinematik (Kinematic Viscosity)**, dimana cairan bergerak semata-mata dikarenakan adanya **gaya Inertia** yang disebabkan oleh percepatan **Gravitasi bumi** dan massa cairan yang bersangkutan. Satuan viskositas kinematik adalah **mm²/s** atau **cSt (centi Stokes)**. Kelemahan utama dari model viscometer ini adalah memiliki rentang ukur yang sangat terbatas, sehingga penggunaannya hanya terbatas pada industri tertentu saja.

Terdapat korelasi di antara keduanya, di mana nilai Viskositas Kinematik merupakan hasil bagi Viskositas Dinamik dengan density (massa jenis) cairan yang tersebut. Akan tetapi Formula tersebut hanya berlaku untuk jenis cairan **Newtonian**. Cairan Newtonian adalah golongan cairan yang nilai viskositasnya tidak dipengaruhi oleh besaran **Shear Rate** / Laju Geser (RPM, Bentuk geometri Spindle dan Wadahnya). Dengan bahasa mudahnya cairan Newtonian akan memiliki viskositas yang sama pada saat diam, maupun pada saat bergerak dengan kecepatan yang berbeda-beda. Di pihak lain ada cairan jenis **Non-Newtonian**, di mana tingkat kekentalan akan mengalami perubahan saat diam dan bergerak.

$$\text{Kinematic Viscosity} = \frac{\text{Dynamic Viscosity}}{\rho} \quad (\text{density})$$

Formula ini hanya berlaku untuk cairan/fluida jenis Newtonian

Jenis viscometer yang terakhir adalah Stormer. Viscometer jenis ini sebenarnya dalam jenis Rotational untuk aplikasi khusus, biasanya untuk industri **Cat atau Tinta**. Satuan viscometer Stormer dinyatakan dalam **Kreb Unit (KU)** atau Gram karena prinsip kerja viscometer jenis ini berdasarkan pada sebuah bandul pemberat yang akan memutar pedal pada kecepatan 200 RPM.

Dalam artikel ini kita hanya fokus untuk pembahasan Viskometer dengan prinsip kerja spindle yang berputar khususnya yang diproduksi oleh **Brookfield AMETEK – USA** sesuai dengan pengalaman kami dalam penjualan produk tersebut lebih dari 15 tahun. Viscometer jenis ini yang paling banyak digunakan dalam industri. Salah satu alasannya adalah memiliki rentang pengukuran yang luas, mulai dari **1 cP hingga ratusan juta cP**. Brookfield AMETEK sebagai pioneer dalam bidang Viscometer memberikan solusi komprehensif dalam pengukuran Viskositas dan Rheology.

Lebih jauh lagi kami akan bahas berbagai macam **Accessoriess** tambahan yang disediakan Brookfield AMETEK untuk menangani beberapa hal terkait pengukuran Viskositas, antara lain :

- Pengendalian Suhu Sample (**Waterbath**)
- Sample dengan Viskositas Sangat Rendah (**UL Adapter**)
- Sample Volume Sedikit (**Small Sample Adapter**)
- Sample Suhu Tinggi (**Thermosel**)
- Sample Non-Flowing /Pasta, Cream, Gel (**Helipath Stand**), dsb.

Selain itu Brookfield juga memproduksi Rheometer :

- **RSX-CPS** (Cone/Plate, Plate/Plate)
- **RSX-CC** (Coaxial Cylinder)
- **RSX-SST** (Soft Solid Test)
- **RSO-Oscillatory** Rheometer **terbaru** produksi Brookfield

Prinsip Kerja Viscometer Brookfield

Pada bab ini akan kita bahas bagaimana cara kerja dan hanya fokus pada jenis Viscometer dengan prinsip spindle yang berputar sebagaimana yang diproduksi oleh Brookfield. Pembahasan ini bersifat teoritis dan dapat Anda lewatkan jika hanya ingin pemahaman pada sisi praktisnya saja. Tetapi ada baiknya Anda baca untuk mendapatkan pemahaman lengkap tentang bagaimana pengukuran viskositas. Dalam pembahasan ini kita akan temukan istilah **Shear Stress dan Shear Rate** yang akan kita gunakan pada bab-bab berikutnya.

Berikut ini akan kita bahas bagian-bagian dan cara kerja jenis Viscometer yang menggunakan prinsip kerja Spindle berputar. Secara umum bagian-bagian utama terdiri dari :

- Spindle
- Sensor Pegas
- Motor
- Jewelled Bearing
- Display / Penampil hasil pengukuran

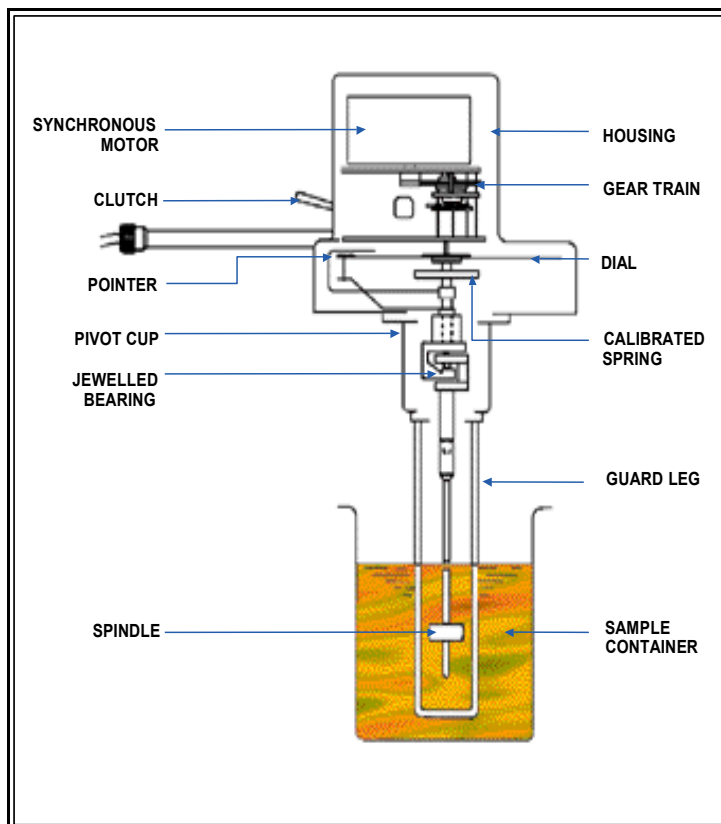
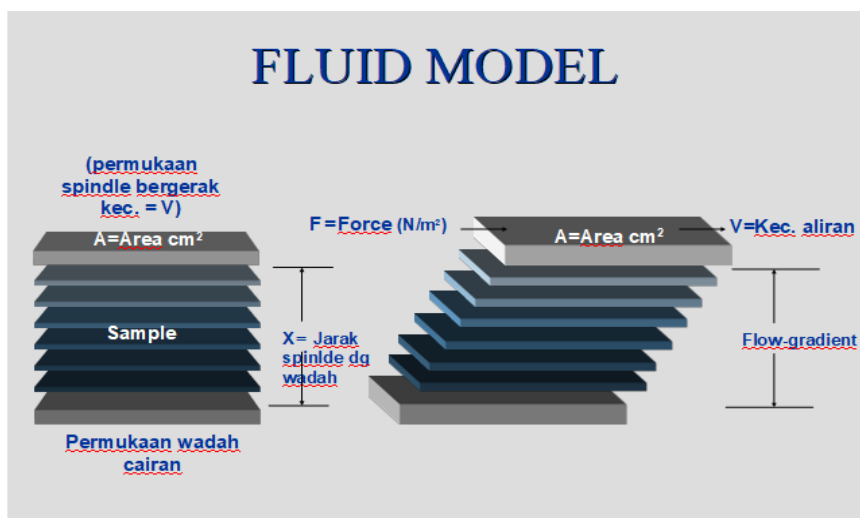


Diagram Viscometer Spindle Berputar

Adapun penjelasan cara kerjanya adalah sebagai berikut :

- Sebuah Spindle dicelupkan ke dalam cairan yang akan diukur viskositas atau kekentalannya.
- Sebuah Motor dipasangkan di bagian atas untuk memutar Spindle
- Di antara Motor dengan Spindle terdapat sebuah pegas yang sangat sensitif dan terukur/terkalibrasi Nilai Torque-nya (Torsi / gaya Puntir)
- Untuk meminimalisir gaya gesek pada Pivot Support akibat beban yang disebabkan oleh berat Spindle maka shaft Spindle dipasang pada dudukan Pointer berbentuk lancip dan keras yang bertumpu pada Jewelled Bearing, sehingga pada saat Spindle tidak dicelupkan sample dapat bebas berputar tanpa hambatan gesekan sehingga %Torque bernilai nol %, yang berarti tidak ada simpangan pada pegas.
- Pada saat motor diputar dan spindle tidak ada sample maka putaran Motor dan Spindle akan berada dalam 1 Phase yang sama (berputar pada sudut yang sama). Sedangkan jika Spindle dicelupkan ke dalam cairan, maka akan terjadi penyimpangan sudut motor dengan Spindle yang disebabkan adanya gaya gesek antara Cairan dengan permukaan Spindle.
- Penyimpangan sudut putaran Motor dengan Spindle akan menyebabkan peregangan pada Pegas. Simpangan sudut berbanding lurus dengan Nilai %Torque pada pegas yang akan ditunjukkan oleh Jarum penunjuk atau berupa display Digital dalam Skala Torque (0 – 100%). Nilai Torque berbanding lurus dengan Nilai Viskositas cairan yang sedang diukur.

Lebih lanjut penjelasan model matematis pengukuran viskositas dapat dijelaskan pada gambar model Fluida berikut ini.



Suatu fluida/cairan digambarkan berupa lapisan-lapisan tipis yang saling bergesekan, dimana hambatan gesekan bergantung pada rapat molekul cairan yang bersangkutan. Sebuah Spindle berputar dengan kecepatan Linier/Tangensial V pada permukaannya, dicelupkan ke dalam wadah berisi Cairan. X adalah jarak antara permukaan Spindle dengan dinding wadah dan merupakan celah sempit dalam beberapa mili meter saja, sedangkan F adalah gaya yang diperlukan untuk menggerakkan cairan dengan luas permukaan A dan kecepatan V .

Berikut adalah praktek pengukuran Viskositas dengan menggunakan Spindle dengan bentuk geometri Coaxial Cylinder.

BROOKFIELD

Coaxial Cylinder Geometri

Shear Stress (dynes/cm²) = $\frac{M}{2\pi R_b^2 L}$

Shear Rate (sec⁻¹) = $\frac{2\omega R_c^2 R_b^2}{R_b^2 (R_c^2 - R_b^2)}$

Viscosity = $\frac{\text{Shear Stress}}{\text{Shear Rate}}$

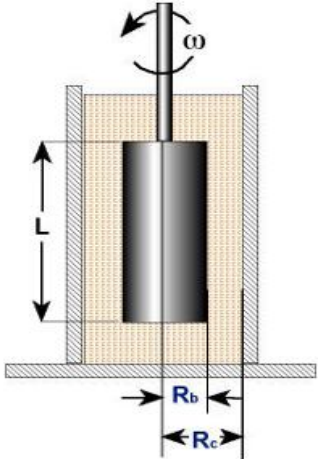
M = Torque acting on surface of spindle (instrument reading)

ω = Angular velocity of spindle (radians/sec)
= $2\pi/60 \times N$ where N = spindle RPM

R_c = Radius of container (outer boundary)

R_b = Radius of spindle (bob)

L = Effective spindle side length



Nilai Viskositas (η) adalah hasil bagi **Shear Stress** terhadap **Shear Rate** :

$$\text{Viscositas } (\eta) = \frac{\text{Shear Stress } (\tau)}{\text{Shear Rate } (\gamma)}$$

Di mana :

- **Shear Stress** adalah gaya yang diperlukan oleh per satuan luas permukaan cairan untuk mengalir dengan kecepatan linier V.
- **Shear Rate** adalah Gradient alir antara kecepatan Linier permukaan Spindle dengan jarak antara permukaan Spindle dan permukaan Dinding wadah.

Perhatikan pada formula di atas terdapat beberapa variable yang mempengaruhi besaran Shear Rate, yaitu :

- N, kec. Putar Spindle (RPM)
- Rb, jari-jari Spindle
- Rc, jari-jari Wadah.

Kedepan akan kita ketahui bahwa ketiga variable tersebut berpengaruh terhadap nilai pengukuran viskositas untuk fluida jenis Non-Newtonian.

Berikut ini contoh lain formula perhitungan pengukuran Viskositas dengan menggunakan Spindle Cone and Plate. Kurang lebih prinsip perhitungannya sama, hanya dikarenakan bentuk Geometri spindle berbeda sehingga formula perhitungan menjadi berbeda.

BROOKFIELD

Cone/Plate Geometries

The diagram illustrates a cone and plate geometry. A cone of radius r and angle θ is positioned above a flat plate. The distance between the cone's tip and the plate is C . The cone rotates with angular velocity ω . The plate is also shown rotating with angular velocity ω . The radius of the plate is r .

Shear Stress (dynes/cm²) = $\frac{T}{\frac{2}{3} \pi r^3}$

Shear Rate (Sec⁻¹) = $\frac{\omega}{\text{Sine } \theta}$

Viscosity (Centipoise) (mPa·s) = $\frac{\text{Shear Stress} \times 100}{\text{Shear Rate}}$

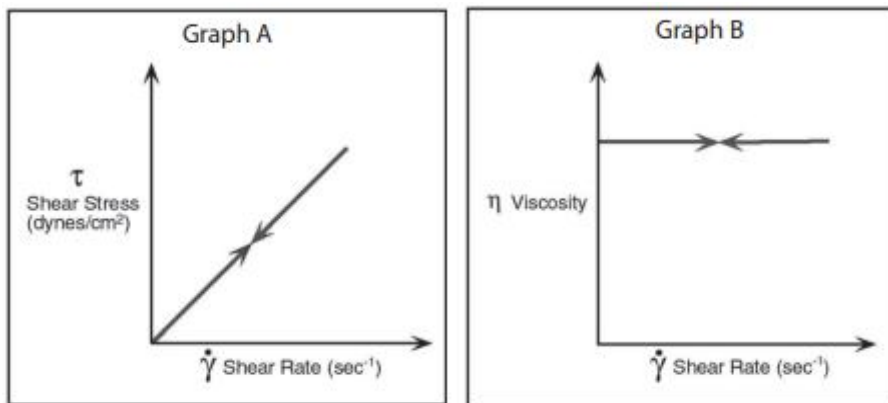
T = % Full Scale Torque(dyne-cm)
 r = Cone Radius (cm)
 ω = Cone Speed (rad/sec)
 θ = Cone Angle (degrees)

50

Cairan Newtonian dan Non-Newtonian

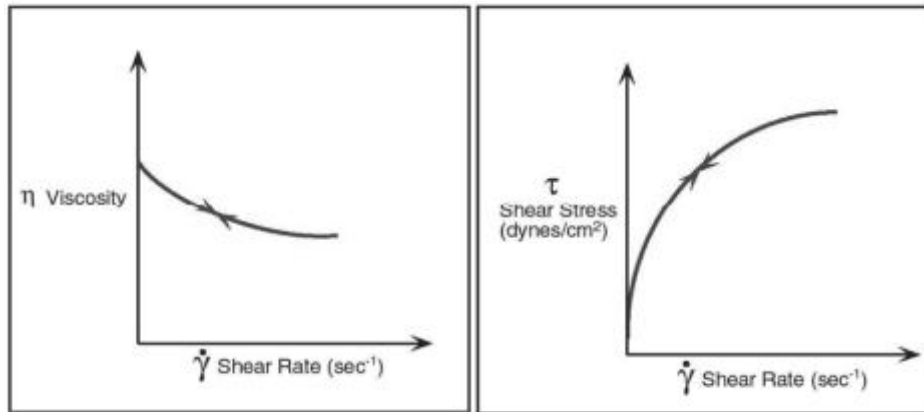
Sudah dijelaskan di depan bahwa nilai Viskositas merupakan hasil bagi Shear Stress terhadap Shear Rate. Pada faktanya terdapat 2 fenomena jika terjadi perubahan pada Shear Rate (RPM, Geometri Spindle dan Wadah). Sebagai pengingat variable Shear Rate terdiri dari : Dimensi dan bentuk Geometri Spindle, Kec. Putar (RPM) dan Dimensi Wadah. Terhadap perubahan Shear Rate ini ada 2 fenomena cairan yang disebut : **Newtonian** dan **Non-Newtonian**. Pada cairan Newtonian tidak terjadi perubahan viskositas jika Shear Rate berubah, sedangkan pada cairan Non-Newtonian akan terjadi perubahan viskositasnya. Dengan kata lain viskositas cairan Non-Newtonian bergantung pada perubahan : RPM, Spindle dan Wadah yang berbeda.

Grafik korelasi **Viskositas vs Shear Rate** dan **Shear Stress vs Shear Rate** cairan Newtonian terlihat pada gambar di bawah ini, yang mana tidak terjadi perubahan viskositas jika Shear Rate berubah, yang berarti jika pengukuran menggunakan Spindle atau RPM yang berbeda tidak ada perubahan pada viskositasnya. Begitu pula jika wadahnya diganti. Pada grafik yang lain terlihat hubungan linier antara Shear Stress vs Shear Rate, artinya hasil bagi Shear Stress terhadap Shear Rate bernilai tunggal.



Viskositas vs Shear Rate Cairan Newtonian

Berbeda dengan cairan Newtonian, pada cairan Non-Newtonian akan terjadi perubahan nilai viskositas jika Shear Rate berubah. Pada gambar di bawah contoh cairan Non-Newtonian Pseudoplastic. Terlihat perubahan viskositas semakin menurun jika Shear Rate dinaikkan. Hal ini terjadi jika kita mengukur viskositas dengan RPM yang lebih tinggi atau menggunakan Spindle yang lebih besar. Jenis cairan ini paling banyak kita temukan dalam kehidupan sehari-hari. Mungkin Anda dapat mencoba membuktikannya sendiri dengan viscometer yang Anda miliki.



Viskositas vs Shear Rate cairan Non-Newtonian Pseudoplastic

Jenis cairan Non-Newtonian sendiri terdiri dari beberapa jenis selain Pseudoplastic, antara lain : Dilatant, Plastic, Thixotropy, dan Rheopexy.

Point Penting :

Dari penjelasan pada Bab ini sudah kita ketahui bahwa cairan Newtonian tidak bergantung pada perubahan Shear Rate. Sedangkan cairan Non-Newtonian berubah nilai Viskositasnya jika Shear Rate berubah. Artinya nilai viskositas tidak berupa nilai tunggal pada sample yang sama, tetapi **relatif** terhadap nilai Shear Rate. Sedangkan nilai Shear Rate bergantung pada 3 faktor yaitu : RPM, Dimensi Spindle dan Wadah.

Jika demikian timbul pertanyaan, **nilai viskositas mana** yang harus diambil atau **dianggap benar**? Pada bab berikutnya akan kita temukan jawabannya.

Berbagai Model Viscometer Brookfield

Setelah kita bahas dasar-dasar pengukuran Viskositas pada Bab sebelumnya, marilah kita lihat lebih spesifik beberapa model Viscometer yang ditawarkan oleh Brookfield. Sebagai perusahaan yang telah berpengalaman cukup lama sejak tahun 1940-an Brookfield memproduksi berbagai Model Viscometer untuk memenuhi berbagai kebutuhan pengukuran viskositas di industri dengan berbagai variasinya, mulai dari Viscometer pembacaan jarum (Dial Reading) hingga Viscometer Digital Touch Screen dengan berbagai fitur tambahan untuk mempermudah User. Sebagai gambaran Brookfield berdiri sejak 1930an.

Berikut ini model viscometer produksi Brookfield :

- [Dial Reading Viscometer](#) / sering disebut Viscometer Manual
- [DVE Economy Digital](#)
- [DV1 Low Price Continuous Sensing](#)
- [DV2T Touch Screen – Programmable](#)
- [DVNExt Rheometer](#)
- [CAP 1000](#)
- [CAP 2000](#)
- [KU-3 Kreb Unit](#)
- [PVS Rheometer](#)
- [R/S Rheometer](#)

Viscometer seri Dial Reading hingga DVNExt masing-masing memiliki 4 varian : **LV**, **RV**, **HA** dan **HB**. Untuk Seri DVNExt terdapat varian CP (Cone and Plate). Perbedaan utama masing-masing varian terletak pada Nilai Torque Pegas/sensor, yang berdampak pada rentang pengukurannya. Berikut ini nilai Torque dalam mN.m (mili Newton meter) masing-masing pegas pada posisi simpangan 100% (skala penuh).

Viscometer CAP 1000 dan CAP 2000 adalah viscometer aplikasi khusus untuk pengukuran High Shear Rate. Sesuai dengan standard ASTM D4287, ISO 2884, dan BS 3900. yang biasanya digunakan pada Industri : Paint, Coating, Tinta, dsb.

KU-3 merupakan viscometer khusus untuk Industri paint/coating , dimana hasil pengukuran dalam satuan : KU (Kreb Unit), gram atau cP (centi Poise).

PVS Rheometer juga digunakan khusus, biasa untuk industri pengeboran. Rheometer ini menghasilkan pengukuran pada low and high Shear Rate (0.05 - 1.000 RPM) dan high Pressure (1.000 psi).

R/S Rheometer memiliki fitur untuk kontrol Shear Rate dan Shear Stress serta memiliki range pengukuran yang sangat massive terlihat dari Torque (kekuatan sensor pegas) pada tabel di bawah ini.

Perihal Rheometer perlu pembahasan khusus tersendiri tidak dalam artikel ini. Selain untuk pengukuran viskositas, Rheometer juga untuk menganalisa Rheology fluida. Salah satu contoh aplikasi Rheometer dapat Anda lihat di sini : [Yield Stress and Modulus of Mayonnaise](#)

- [RSX-CPS \(Cone and Plate\)](#)
- [RSX-CC \(Coaxial Cylinder\)](#)
- [RSX-SST \(Soft Solid\)](#)
- [RSO \(Oscillatory Rheometer\)](#)

Varian Pegas	LV	RV	HA	HB	R/S
Rasio	0,0937	1	2	8	278
Torque skala Penuh (mN.m)	0,06737	0,7187	1,4374	5,7496	200

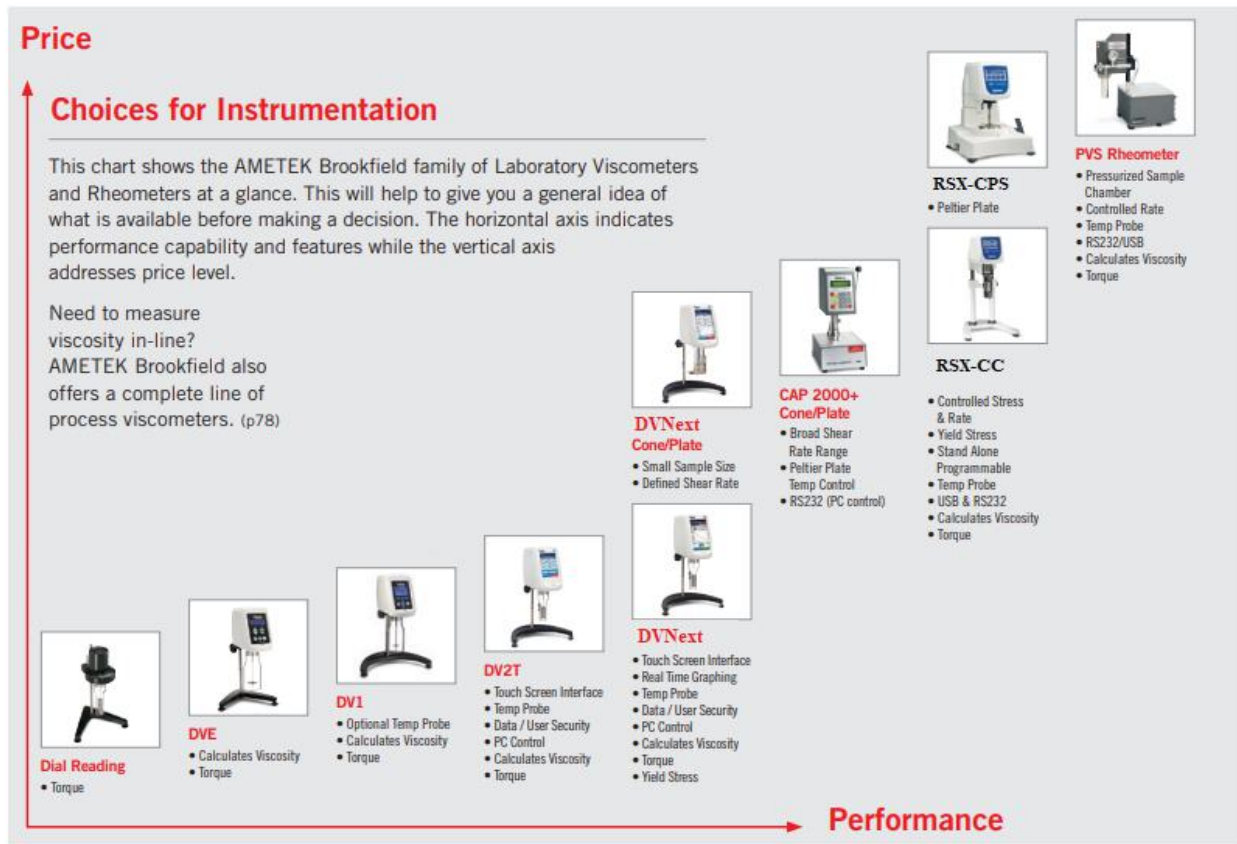
Perhatikan kekuatan Torque pegas pada varian HB (Very High Viscosity) yang hanya **5.7496 mN.m**, sedangkan untuk type R/S memiliki Torque maksimum hingga **200 mN.m**, atau sekitar 35x kekuatan pegas varian HB (High Viscosity). Hal ini menunjukkan bahwa rentang ukur R/S Rheometer hampir 35x kali lipat rentang ukur type HB.

Secara umum pembagian rentang pengukuran masing-masing varian untuk Viscometer Brookfield dapat digolongkan sbb. :

- LV (Low Viscosity), range : 1 – 6.000.000 cP
- RV (Regular Viscosity), range : 100 – 40.000.000 cP
- HA (High Viscosity), range : 200 – 80.000.000 cP
- HB (Very High Viscosity), range : 800 – 320.000.000 cP

Note :

- Range ukur masing-masing model viscometer tidak sama dikarenakan variasi pilihan RPM yang terbatas. Sebagai contoh Viscometer model : LVT (Dial reading) hanya memiliki range pengukuran : 1 – 2.000.000 cP
- Range ukur rendah hingga 1 cP diperlukan Accessories UL Adapter. Dengan spindle standard bawaan rentang ukur terendah untuk varian LV : 15 cP.



Daftar Produk Viscometer – Brookfield – AMETEK

Gambar di atas adalah daftar produk Viscometer dan Rheometer Brookfield – AMETEK, mulai dari low level Dial Reading viscometer hingga high-end R/S Rheometer. Berikut penjabaran lebih detail spesifikasinya :

Seri/Model	Spesifikasi Umum	Varian
Dial Reading	Merupakan viscometer model pertama kali yang diproduksi Brookfield thn. 1934. Pembacaan hasil pengukuran berupa jarum penunjuk skala. Hanya menampilkan %Torque. Nilai viskositas didapatkan dari Tabel Faktor Kali.	- LVT, range : 1 (*) – 2M cP, 8 pilihan RPM - RVT, range : 100 – 8M cP, 10 pilihan RPM - HAT, range : 200 – 16M cP, 10 pilihan RPM - HBT, range : 800 – 64M cP, 10 pilihan RPM
DVE	Memiliki tampilan Digital yang menunjukkan nilai Viskositas, RPM, No. Spindle dan %Torque.	- DVELV, range : 1 – 2M cP, 18 pilihan RPM - DVERV, range : 100 – 13M cP, 18 pilihan RPM - DVEHA, range : 200 – 26M cP, 18 pilihan RPM - DVEHB, range : 800 – 104M cP, 18 pilihan RPM
DV1	Memiliki tampilan Digital yang menunjukkan : Viskositas, RPM, No. Spindle dan %Torque. Dapat menampilkan suhu jika dipasang Probe Temperature (optional). Memiliki fitur Timer. Dapat	- DV1MLV, range : 1 – 2M cP, 18 pilihan RPM - DV1MRV, range : 100 – 13M cP, 18 pilihan RPM - DV1MHA, range : 200 – 26M cP, 18 pilihan RPM - DV1MHB, range : 800 – 104M cP, 18 pilihan RPM

	terhubung PC dengan tambahan Software Wingather SQ.	
DV2T	Memiliki tampilan Digital yang menunjukkan : Viskositas, Shear Rate, Shear Stress, RPM, No. Spindle, Suhu dan %Torque. Memiliki fitur Timer dan simpan Data. Dapat terhubung PC dengan tambahan Software Rheocalc T.	<ul style="list-style-type: none"> - DV2TLV, range : 1 – 6M cP, 200 pilihan RPM - DV2TRV, range : 100 – 40M cP , 200 pilihan RPM - DV2THA, range : 200 – 80M cP , 200 pilihan RPM - DV2THB, range : 800 – 320M cP, 200 pilihan RPM
DVNext	Memiliki tampilan Digital yang menunjukkan : Viskositas, Shear Rate, Shear Stress, RPM, No. Spindle, Suhu, Step Program Status, Math Model Calculation dan %Torque. Memiliki fitur Timer dan simpan Data. Dapat terhubung PC dengan tambahan Software Rheocalc T. Fitur optional : - Comply to 21 CFR Part 11 - Model Cone/Plate	<ul style="list-style-type: none"> - DVNXLV, range : 1 – 6M cP, 2.600 pilihan RPM - DVNXRV, range : 100 – 40M cP , 2.600 pilihan RPM - DVNXHA, range : 200 – 80M cP , 2.600 pilihan RPM - DVNXHB, range : 800 – 320M cP, 2.600 pilihan RPM
RSX Rheometer	Memiliki control Shear Rate dan Shear Stress, dengan jangka pengukuran yang sangat lebar. Torque : 0.1 – 200 mN.m. Sebagai perbandingan Torque untuk varian HB hanya bernilai 5,7496 mN.m. Speed 0.01 – 1.000 RPM. Automatic Gap setting. Optional : - 0.1 – 100 mN.m, Speed 0,01 – 1.300 RPM	<ul style="list-style-type: none"> - RSX-CPS (Cone and Plate) - RSX-CC (Coaxial Cylinder) - RSX-SST (Soft Solid Sample) - RSO (Oscillatory Rheometer)
PVS Rheometer	<ul style="list-style-type: none"> - Shear Rate : 0.02 sec⁻¹ to 1.700 sec⁻¹ - RPM : 0.05 to 1.000 RPM - Pressure : up to 1.000 psi - Temp. : -40°C to 260°C 	-
<p>Note :</p> <p>(*) 1 cP dapat diukur dengan menggunakan accessories tambahan UL Adapter</p>		

Panduan Pemilihan Viscometer

Dalam menentukan pilihan, apapun pilihan itu harus melewati suatu pertimbangan yang baik sehingga tidak menimbulkan kerugian atau kekecewaan di kemudian hari karena salah PILIH. Begitupun dalam menentukan pembelian atau investasi berupa alat ukur Viscometer harus ada pertimbangan-pertimbangan yang matang sehingga nilai investasi sesuai dengan yang diharapkan.

Berikut ini akan kami bahas langkah-langkah pemilihan Viscometer yang tepat sesuai dengan kebutuhan. Selain pertimbangan-pertimbangan yang bersifat teknis, tidak kalah penting pertimbangan non-teknis harus diperhitungkan. Apa saja yang perlu Anda pertimbangkan, berikut saran dari kami :

Faktor Non-Teknis :

- Apakah alat yang Anda beli memiliki Distributor resmi?
Faktor ini cukup penting untuk dijadikan pertimbangan karena menyangkut pelayanan purna-jual jika terjadi masalah pada alat ybs. Jika ada distributor resmi maka ada jaminan layanan purna-jual yang baik. Sebaiknya Anda membeli dari distributor langsung.
- Apakah alat tersebut sudah banyak penggunanya?
Jika suatu alat sudah banyak penggunanya berarti ada kepuasan dari pengguna alat tersebut, baik dikarenakan awet, akurat dalam pembacaan, murah/terjangkau harganya ataupun pelayanan yang baik dari penjual. Ada baiknya jika Anda mendapatkan testimoni dari para pemakai yang Anda kenal. Dari mereka kita bisa mendapatkan insight/review tentang alat tersebut. Referensi atau testimoni dari pihak ketiga merupakan hal yang sangat valid untuk menjadi bahan pertimbangan.
- Apakah ada pihak lain yang ikut terlibat?
Jika Anda ingin membandingkan hasil pengukuran viskositas dengan pihak lain misalnya Head quarter, Supplier, atau Customer, maka Anda harus menyamakan model Viscometer seperti yang mereka pakai. Dengan viskometer yang berbeda Anda akan kesulitan menyamakan nilai pengukuran viskositas.
- Harga
Meskipun harga menjadi salah satu pertimbangan akan tetapi Anda perlu hati-hati karena jika salah membeli karena semata-mata pertimbangan harga murah tetapi bisa jadi barang tersebut “murahan”. Sebaiknya Anda mempertimbangkan harga dengan catatan kualitas barang yang sama, apple to apple.

Faktor Teknis :

- Range pengukuran viskositas sample.
Berapa kira-kira range pengukuran viskositas sample yang ada di perusahaan Anda. Apakah kecenderungan cair, kental atau sangat kental? Atau bervariasi? Dari tabel yang saya buat di bab sebelumnya Anda dapat menentukan pilihan varian mana yang tepat. Apakah LV, RV, HA atau HB?
- Apakah diperlukan pengukuran suhu?
Jika pengukuran suhu sample diperlukan saat mengukur viskositas, maka Anda pilih viscometer yang memiliki pengukur suhu. Misalnya seri DV2T atau DV1 dengan tambahan Temperature Probe. Anda bisa juga mengukur suhu sendiri secara terpisah.
- Apakah diperlukan pengaturan suhu sample?
Pengaturan suhu dengan pengukuran suhu berbeda. Jika diperlukan pengaturan suhu, maka perlu tambahan accessories pengatur suhu misalnya Waterbath atau Thermosel untuk pengaturan suhu tinggi hingga 300°C. Untuk waterbath tersedia model Waterbath dengan fasilitas Cooling hingga -20°C.
- Apakah jumlah sample terbatas?
Pada beberapa Industri tertentu, misalnya : Industri Farmasi, Kosmetik, Bioteknologi jumlah sample sangat terbatas karena bernilai ekonomi tinggi. Maka diperlukan accessories Small Sample Adapter atau Viscometer type Cone/Plate untuk pengukurannya. Hanya diperlukan sekitar 1-10 ml saja untuk pengukuran viskositasnya. Sebagai gambaran jika menggunakan spindle Standard bawaan Viscometer diperlukan sekitar 200- 400 ml untuk pengukuran viskositas.
- Apakah sample berjenis Non-Flowing?
Sample-sample jenis Non-Flowing tidak mengalir perlu di-handle khusus dengan Accessories Helipath Stand atau Vane Spindle. Cara gampang untuk memeriksa apakah sample berjenis Non-flowing adalah dengan mencolek permukaan sample dengan ujung pensil atau spatula, jika permukaan sample tetap meninggalkan jejak dan tidak rata kembali seperti semula, maka sample tersebut berjenis Non-Flowing.
- Apakah Shear Stress atau Shear Rate menjadi faktor pengukuran viskositas?
Beberapa industri mengukur viskositas dengan menentukan nilai Shear Rate atau Shear Stress tertentu, jika demikian maka Anda perlu investasi jenis RSX Rheometer. Rheometer jenis ini memiliki fitur untuk mengontrol nilai Shear Stress dan Shear Rate pada saat pengukurannya.
- Apakah Anda memerlukan pengolahan data lebih lanjut?
Jika diperlukan pengolahan data hasil pengukuran lebih lanjut untuk tujuan Analisa atau membuat Report , maka diperlukan jenis viscometer yang dapat menyimpan data pada memorinya misalnya : Seri DV2T atau DVNext dan

akan lebih baik lagi jika dengan tambahan Software sehingga Viscometer dapat langsung mengirimkan data ke PC.

Mengapa Memilih Viscometer Brookfield

Penulis memilih fokus untuk pembahasan Viscometer Brookfield dikarenakan saat ini merupakan alat ukur viskositas yang paling banyak beredar di industri, baik industri : Farmasi, Food and Beverage, Cosmetics, Bahan baku, Bioteknologi, dsb.

Mengapa mereka memilih Brookfield? Jawaban pada pertanyaan ini bisa merujuk pada Bab sebelumnya tentang pembahasan Panduan Memilih Viscometer, antara lain :

- Memiliki populasi yang sangat banyak. Bisa dikatakan Brookfield menguasai pangsa pasar pengguna Viscometer saat ini. Anda bisa lakukan survei kecil-kecilan dengan menanyakan Brand Viscometer dari teman-teman yang Anda kenal. Produk dengan jumlah populasi yang banyak membuktikan bahwa produk tersebut diterima oleh pengguna dengan tingkat kepuasan sangat baik.
- Memiliki distributor resmi yang akan menjamin layanan purna-jual sehingga para pengguna alat tersebut tidak khawatir jika mengalami kendala.
- Memiliki rentang pengukuran yang luas mulai dari : 1 cP hingga ratusan juta cP
- Memiliki ragam fitur dan accesories pelengkap yang sangat variatif untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan. Misalnya :
 - Pengukuran viskositas sangat rendah hingga 1 cP
 - Pengukuran viskositas volume kecil < 5 ml
 - Pengukuran viskositas suhu tinggi hingga 300°C
 - Pengukuran Rheology dengan Shear Rate / Shear Stress terkontrol
 - Software pengolah data
 - dsb.

Salah dalam menentukan pilihan artinya mengambil resiko potensi masalah di masa akan datang. Pilihan yang tepat adalah produk yang bagus dengan pelayanan purna-jual terjamin dan harga yang logis.



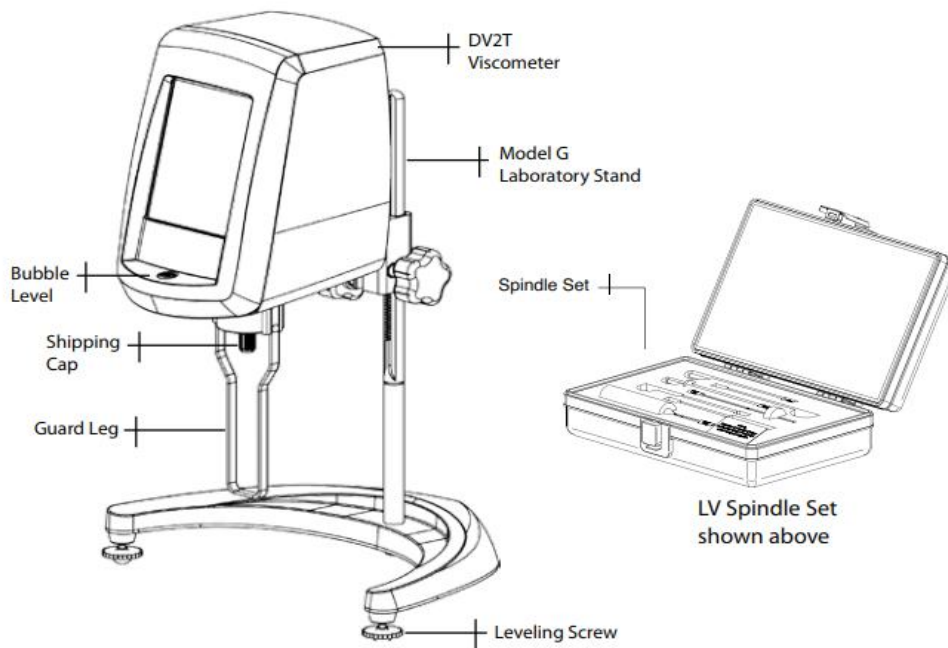
Workshop – Layanan Perbaikan Viscometer Brookfield



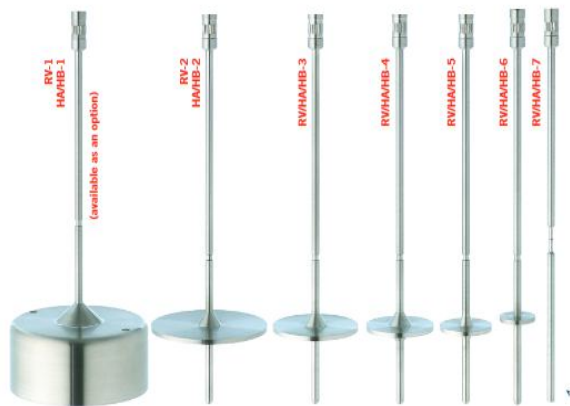
Gudang Stock – Viscometer Brookfield

Prosedur Pengukuran Viskositas Menggunakan Viscometer BROOKFIELD

Penjelasan berikut ini hanya merupakan kaidah umum saja. Penjelasan lebih lengkap tentang pemakaian Viscometer Brookfield untuk masing-masing seri/model dapat dibaca pada Instruction Manual viscometer yang bersangkutan. Sebagai contoh berikut ini adalah langkah-langkah pengukuran viskositas mengacu pada Viscometer DV2TLV.



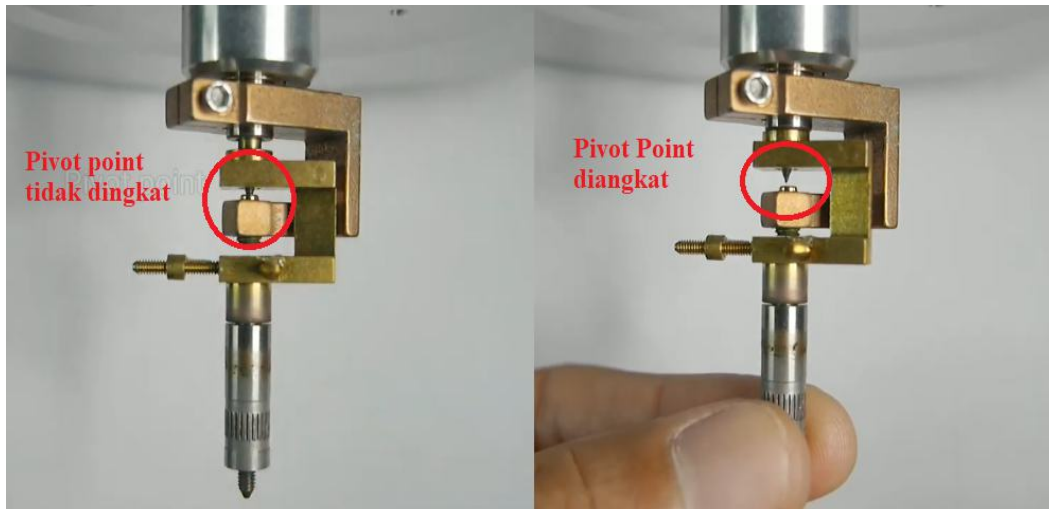
Bagian-bagian Viscometer DV2TLV – Brookfield



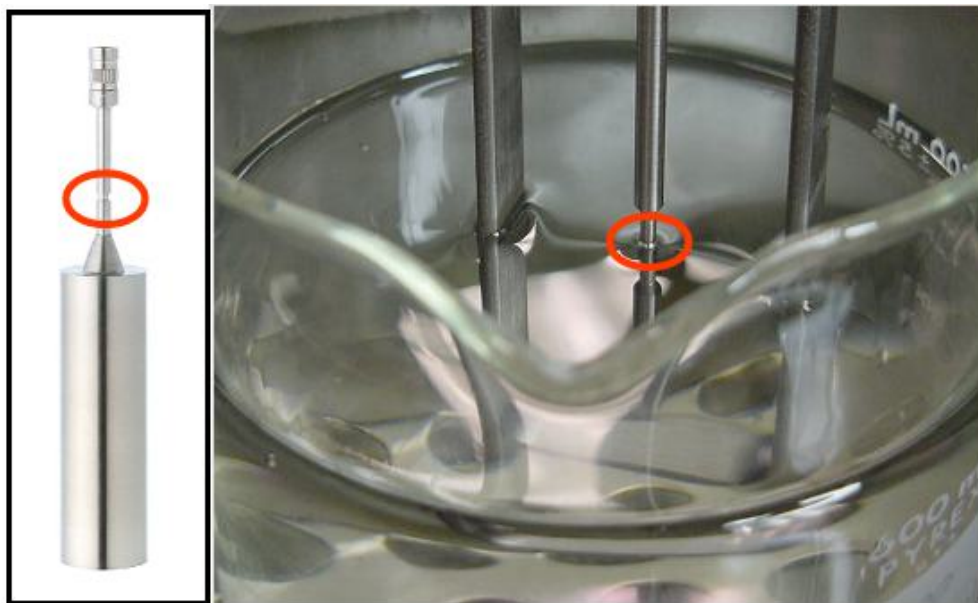
Spindle Standard Viscometer Brookfield
(Spindle #1RV/HA/HB optional)

Langkah-langkah pengukuran viskositas :

1. Cek kelengkapan Viscometer. Lihat Gambar Viscometer DV2TLV pada halaman sebelumnya.
2. Rangkai sesuai dengan petunjuk masing-masing alat ybs.
3. Atur alat pada posisi sejajar/tidak miring dengan melihat Bubble Level Indicator. Jika belum level atur ketinggian kaki-kaki dengan memutar leveling screw.
4. Buka shipping cap
5. Hubungkan dengan power supply : 220 V / 50 Hz.
6. Nyalakan alat dan ikuti perintah di layar hingga proses Autozero selesai.
Note : untuk viscometer seri DVE dan Dial Reading tidak ada proses Autozero.
7. Siapkan sample yang akan diukur dengan Low Form Beaker 600 ml (diameter 8.25 cm) dan letakkan pada posisinya.
Catatan : Wadah sample boleh diganti, yang terpenting Spindle dapat tercelup hingga batas celupan. Perubahan wadah akan mempengaruhi nilai pengukuran.
8. Celupkan spindle ke dalam sample dan hindarkan terjadi gelembung udara terjebak dalam sample.
9. Pasangkan spindle dengan cara tangan kiri memegang dan mengangkat coupling nut sementara tangan kanan memasang spindle dengan memutar ke kiri. Tujuan mengangkat Coupling nut untuk menghindarkan benturan pada Pivot Point. Pastikan motor dalam keadaan OFF.



10. Turunkan ketinggian posisi Viscometer pada Stand/Penyangga dengan memutar Knob hitam pengatur ketinggian pada Stand sebelah kanan sehingga Spindle tercelup ke dalam sample. Pastikan batas celupan spindle sesuai dengan tanda yang ada pada masing-masing spindle.



11. Pilih No. Spindle pada Viscometer sesuai dengan spindle yang terpasang. Catatan : Untuk Viscometer seri Dial Reading tidak ada fasilitas untuk memilih spindle. Hasil pengukuran secara manual didapatkan dari Tabel Faktor Pengali.
12. Pilih Speed (RPM)
Catatan : Proses pemilihan spindel dan RPM untuk sample yang tidak belum diketahui kisaran viskositasnya dilakukan dengan cara **Trial and**

Error (coba-coba). Pilihan yang tepat akan menghasilkan %Torque antara : 10-100%. Jika %Torque kurang dari 10%, maka hasil pengukuran dianggap tidak valid, pilihan spindle atau RPM harus diganti. Jika %Torque > 100% maka hasil pengukuran Error (out of range). Dua aturan umum berikut ini akan membantu dalam proses coba-coba dalam memilih Spindle dan RPM.

- a. Rentang ukur berbanding lurus dengan nomor Spindle.
- b. Rentang ukur berbanding terbalik dengan kecepatan rotasi.

Dengan kata lain: untuk mengukur viskositas tinggi, pilih Nomor Spindle besar dan/atau kecepatan (RPM) rendah. Jika kombinasi spindel dan kecepatan yang dipilih menghasilkan pembacaan di atas 100%, kurangi kecepatan atau pilih spindel dengan nomor lebih besar. Pada fluida non-Newtonian dapat mengakibatkan nilai viskositas berbeda jika spindel dan/atau kecepatan diubah.

13. Jalankan viscometer dengan menekan RUN atau Motor ON.
14. Catat hasil pengukuran yang tertampil pada Display viscometer. Untuk viscometer Dial Reading/Analog/Manual, nilai viskositas didapatkan dengan mengalikan %Torque yang tertampil pada skala dengan Faktor kali pada Tabel berikut ini :

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, INC.

11 Commerce Blvd., Middleboro, MA 02346-1031 USA
T: 508-946-6200 or 800-628-8139 F: 508-946-6262
W: www.brookfieldengineering.com

RV		RV		RV		RV		RV		RV		RV		LV		LV		LV		LV	
01	02	03	04	05	06	07	1 or 61	2 or 62	3 or 63	4 or 64											
.5	200	.5	800	.5	2K	.5	4K	.5	8K	.5	20K	.5	80K	.3	200	.3	1K	.3	4K	.3	20K
1	100	1	400	1	1K	1	2K	1	4K	1	10K	1	40K	.6	100	.6	500	.6	2K	.6	10K
2	50	2	200	2	500	2	1K	2	2K	2	5K	2	20K	1.5	40	1.5	200	1.5	800	1.5	4K
2.5	40	2.5	160	2.5	400	2.5	800	2.5	1.6K	2.5	4K	2.5	16K	3	20	3	100	3	400	3	2K
4	25	4	100	4	250	4	500	4	1K	4	2.5K	4	10K	6	10	6	50	6	200	6	1K
5	20	5	80	5	200	5	400	5	800	5	2K	5	8K	12	5	12	25	12	100	12	500
10	10	10	40	10	100	10	200	10	400	10	1K	10	4K	30	2	30	10	30	40	30	200
20	5	20	20	20	50	20	100	20	200	20	500	20	2K	60	1	60	5	60	20	60	100
50	2	50	8	50	20	50	40	50	80	50	200	50	800								
100	1	100	4	100	10	100	20	100	40	100	100	100	400								

Berikut contoh perhitungan nilai Viskositas menggunakan Viscometer RVT (Dial Reading).

- Jenis viscometer : RVT
- Nomor Spindle : #3RV
- Kecepatan Putar : 5 RPM
- Factor pengali : 200

Jika hasil pengukuran pada Jarum penunjuk berada pada angka 40, maka nilai actualnya adalah : $40 \times 200 = 8.000 \text{ cP}$ (dengan kondisi variabel tsb.)

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, INC.

11 Commerce Blvd., Middleboro, MA 02346-1031 USA
 T: 508-946-6200 or 800-628-8139 F: 508-946-6262
 W: www.brookfieldengineering.com

	HA H01		HA H02		HA 03		HA 04		HA 05		HA 06		HA 07		HB H01		HB H02		HB 03		HB 04		HB 05		HB 06		HB 07	
.5	400	.5	1.6K	.5	4K	.5	8K	.5	16K	.5	40K	.5	160K	.5	1.6K	.5	6.4K	.5	16K	.5	32K	.5	64K	.5	160K	.5	640K	
1	200	1	800	1	2K	1	4K	1	8K	1	20K	1	80K	1	800	1	3.2K	1	8K	1	16K	1	32K	1	80K	1	320K	
2	100	2	400	2	1K	2	2K	2	4K	2	10K	2	40K	2	400	2	1.6K	2	4K	2	8K	2	16K	2	40K	2	160K	
2.5	80	2.5	320	2.5	800	2.5	1.6K	2.5	3.2K	2.5	8K	2.5	32K	2.5	320	2.5	1.28K	2.5	3.2K	2.5	6.4K	2.5	12.8K	2.5	32K	2.5	128K	
5	40	5	160	5	400	5	800	5	1.6K	5	4K	5	16K	5	160	5	640	5	1.6K	5	3.2K	5	6.4K	5	16K	5	64K	
10	20	10	80	10	200	10	400	10	800	10	2K	10	8K	10	80	10	320	10	800	10	1.6K	10	3.2K	10	8K	10	32K	
20	10	20	40	20	100	20	200	20	400	20	1K	20	4K	20	40	20	160	20	400	20	800	20	1.6K	20	4K	20	16K	
50	4	50	16	50	40	50	80	50	160	50	400	50	1.6K	50	16	50	64	50	160	50	320	50	640	50	1.6K	50	6.4K	
100	2	100	8	100	20	100	40	100	80	100	200	100	800	100	8	100	32	100	80	100	160	100	320	100	800	100	3.2K	

CATATAN PENTING :

Hasil pengukuran dianggap **valid**, jika memenuhi 2 kriteria :

- %Torque berada pada rentang nilai : **10 – 100%**
- Spindle telah berputar minimal **5 kali putaran**

Variabel-Variabel Pengukuran Viskositas

Sudah kita singgung di depan bahwa hasil pengukuran Viskositas bukan merupakan nilai tunggal yang bersifat absolut sebagaimana parameter-parameter yang lain, seperti : Suhu, pH, Kandungan Unsur, Massa, Panjang dsb. Akan tetapi jika kita perhatikan lebih dalam parameter pH dan panjang suatu benda juga merupakan nilai relatif. Nilai keduanya dipengaruhi oleh suhu. Kita ketahui bahwa nilai pengukuran pH dipengaruhi suhu sample, akan tetapi para ahli sudah menyepakati jika nilai pH diukur pada suhu 25°C sehingga pada umumnya alat ukur pH sudah memiliki sensor suhu untuk memberikan koreksi secara otomatis pada suhu tersebut. Jika alat ukur pH tidak memiliki sensor suhu maka kita secara manual melihat tabel untuk memberikan koreksi. Begitu pula panjang suatu benda dipengaruhi oleh temperature. Sebagai contoh panjang besi pada suhu 25°C tentu akan berbeda jika diukur pada suhu 1000°C. Akan tetapi pada umumnya kita tidak perlu menyebutkan faktor suhu karena pengukuran hanya dilakukan pada suhu ruang saja. Kecuali pada kondisi tertentu jika diperlukan baru kita perlu mencantumkan suhu pengukuran.

Kembali pada hasil ukur Viskositas yang dapat memiliki banyak nilai pada sample yang sama karena banyak faktor yang mempengaruhi. Hasil pengukurannya bersifat relatif bergantung pada beberapa variable pada saat pengukuran. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil pengukuran yang repeatable harus diperhatikan beberapa variable berikut ini :

- Suhu sample
- Model Viscometer
- No. Spindle
- Kecepatan Putar Spindle (RPM)
- Wadah sample
- Volume sample
- Penggunaan Guard Leg
- Jangka waktu Pengambilan data (untuk cairan jenis Time-dependent)
- Preparasi sample
- Tekanan, dsb.

Sekali lagi, hasil pengukuran viskositas tidak bernilai tunggal tetapi bisa bervariasi tergantung pada variabel saat pengukuran. Hal ini banyak membuat bingung pengguna/operator Viscometer, sehingga dapat menimbulkan persepsi yang berbeda-beda meskipun mereka menggunakan Viscometer yang sama persis jenisnya akan tetapi mendapatkan hasil pengukuran yang bervariasi dikarenakan variabel pada saat pengukuran yang tidak sama. Untuk itulah perlu untuk menyamakan persepsi tentang

pengukuran Viskositas secara benar sesuai dengan kaidah dari pembuat alat, yaitu **Brookfield – AMETEK USA**.

Catatan-catatan :

- Suhu sangat berpengaruh terhadap nilai viskositas cairan. Pada umumnya nilai viskositas akan turun jika suhu dinaikkan. Begitupun sebaliknya
- Varian/Model Viscometer. Setiap type/varian Viscometer memiliki sensor Pegas yang berbeda. Ada 4 varian yaitu : LV, RV, HA dan HB. Kita hanya dapat membandingkan hasil pengukuran dengan sensor pegas yang sama. Misalnya : DVELV dengan DV2TLV, atau DV1MRV dengan RVDVNext.

Catatan :

- Pada cairan jenis Newtonian akan menghasilkan nilai yang sama meskipun menggunakan varian Viscometer yang berbeda.
- Hasil pengukuran menghasilkan nilai yang sama jika diukur pada Shear Rate yang sama, meskipun Model Viscometer berbeda.
- Bentuk geometri Spindle dan Wadah serta RPM menentukan nilai Shear Rate.
- Volume sample akan menentukan batas celupan spindle. Jika volume sample berbeda maka tinggi celupan spindle berbeda pula. Akibatnya ada perbedaan jumlah luas permukaan spindle yang bergesekan dengan sample yang berakibat nilai viskositas berbeda. Pada penggunaan Spindle standard Volume sample tidak akan berpengaruh pada nilai viskositas asal menggunakan wadah dan batas celupan spindle yang sama. Pada beberapa jenis Accessories (UL Adapter, Small Sample Adapter, Thermosel, dsb.) wadah dan volume sample sudah ditentukan secara persis dan harus diikuti sesuai volume tersebut.
- Dinding Guard Leg akan membentuk cekungan disekitar spindle yang membentuk jarak permukaan Spindle dengan Dinding wadah menjadi lebih sempit. Hal ini berpengaruh pada nilai Shear Rate. Catatan : Guard hanya tersedia untuk varian LV dan RV saja.
- Pada beberapa jenis cairan memiliki nilai viskositas yang bergantung pada waktu pengukuran (Time-dependent). Ada cairan yang semakin mengental seiring berjalannya waktu, atau sebaliknya justru semakin mencair. Jika mengukur sample jenis ini harus ditentukan waktu pengambilan nilai viskositasnya.
- Preparasi sample juga dapat berpengaruh terhadap hasil pengukuran. Misalnya diaduk terlebih dahulu untuk memastikan cairan dalam kondisi homogen. Pada umumnya suatu cairan mengalami pengendapan jika didiamkan dalam kondisi cukup lama, artinya pada bagian bawah cairan akan menghasilkan pengukuran yang lebih tinggi dibandingkan bagian atas.
- Tekanan. Untuk beberapa aplikasi khusus jika pengukuran viskositas dilakukan di luar tekanan atmosfer perlu dicantumkan.

Catatan Penting !!!

Hasil ukur viskositas bersifat relatif dan tidak bernilai tunggal, bergantung pada variabel-variabel pada saat pengukuran. Sehingga untuk memberikan informasi viskositas cairan, data-data variabel tersebut menyatu tidak dapat dipisahkan dan wajib dicantumkan.

Sebagai contoh berikut ini misalnya hasil pengukuran Sample-A dengan menggunakan viscometer Brookfield model : DV2TLV dengan beberapa variasi RPM, spindle 4LV pada suhu 25°C :

RPM	#Spindle	FSR	Hasil Ukur	%Torque	Keterangan
1.5	4LV	400.000 cP	38.900 cP	9.73%	Invalid, Torque < 10%
3	4LV	200.000 cP	27.200 cP	13.60%	Valid
6	4LV	100.000 cP	21.440 cP	21.00%	Valid
30	4LV	20.000 cP	14.900 cP	74.50%	Valid

Catatan :

- **FSR : Full Scale Range**, adalah rentang maksimum pengukuran pada alat dengan pemakaian Spindle dan RPM tertentu.
- Pengukuran dengan menggunakan RPM : 1.5 tidak valid karena %Torque di bawah 10%
- Spindle sudah berputar 5X saat pengambilan data.
- Sample bukan merupakan type Time-Dependent (bergantung lama waktu pengukuran), sehingga waktu pengukuran tidak perlu ditentukan
- Pengukuran pada kecepatan putar : 3, 6 dan 30 RPM bernilai valid.

Penulisan Report :

Report	Keterangan
Nilai Viskositas Sample A : 27.200 cP - Diukur pada suhu 25°C - Menggunakan viscometer DV2TLV - Spindle : 4LV - RPM : 3 - Menggunakan Guard Leg - Wadah Beaker low Form 500 ml - Sample diaduk terlebih dahulu	BENAR

Nilai Viskositas Sample A : 21.440 cP <ul style="list-style-type: none">- Diukur pada suhu 25°C- Menggunakan viscometer DV2TLV<ul style="list-style-type: none">- Spindle : 4LV- RPM : 6- Menggunakan Guard Leg- Wadah Beaker low Form 500 ml- Sample diaduk terlebih dahulu	BENAR
Nilai Viskositas Sample A : 14.900 cP <ul style="list-style-type: none">- Menggunakan viscometer DV2TLV<ul style="list-style-type: none">- Spindle : 4LV- RPM : 30- Menggunakan Guard Leg- Wadah Beaker low Form 500 ml- Sample diaduk terlebih dahulu	Tidak Lengkap (tidak mencantumkan variabel suhu pengukuran)

Catatan :

Variabel-variabel yang sekiranya tidak mempengaruhi hasil pengukuran tidak perlu dicantumkan, misalnya :

- Preparasi sample.
Jika sample tidak perlu preparasi khusus, misalnya : Shampoo, Sabun cair, Susu kental, dsb. Tinggal tuangkan saja sample ke dalam beaker.
- Volume sample.
Hanya menyebutkan wadah 500 ml. Sejauh batas celupan spindle sudah benar maka volume sample tidak berpengaruh pada hasil pengukuran dengan wadah yang sama.
- Waktu pengambilan data.
Dikarenakan sample bukan golongan Time-dependent sehingga waktu pengambilan data tidak berpengaruh, yang terpenting spindle sudah berputar minimal 5 kali.
- Tekanan, karena sample diukur pada tekanan atmosfer.
- Jika penyebutan variabel pengukuran tidak lengkap dapat menimbulkan persepsi yang berbeda bagi penerima data. Misalnya penerima data mengukur sample yang sama pada suhu 20°C atau menggunakan Spindle dan RPM berbeda meskipun model Viscometernya sama maka akan menghasilkan viskositas yang berbeda.

CONGRATULATION....!!!

Hingga di sini saya berharap Anda cukup paham dan terjawab pertanyaan-pertanyaan di depan tentang pengukuran viskositas.

- Bagaimana memilih Viscometer yang tepat untuk kebutuhan Anda
- Bagaimana memilih Spindle dan RPM saat pengukuran
- Mengapa nilai viskositas sample berubah jika diukur dengan Spindle atau RPM yang berbeda. Nilai viskositas mana yang benar ?
- Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai Viskositas.

Jika Anda masih memiliki pertanyaan-pertanyaan, kami persilahkan untuk mendiskusikan dengan kami. Dengan senang hati kami akan membantu.

Akurasi Hasil Pengukuran Viscometer Brookfield

Dalam suatu alat ukur penting untuk mengetahui tingkat akurasi. Semakin kecil toleransi kesalahan maka hasil pengukuran semakin akurat. Toleransi hasil pengukuran Viscometer Brookfield berkisar pada : $\pm 1\%$ of FSR, sehingga untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat disarankan menggunakan pengukuran pada %Torque yang tinggi. Semakin tinggi %Torque semakin akurat hasil pengukurannya. Akan kita bandingkan toleransi/tingkat akurasi hasil pengukuran Sample-A yang sebelumnya telah kita ukur, pada Tabel di bawah ini :

FSR	Hasil Ukur	%Torque	Toleransi	% Toleransi
400.000 cP	38.900 cP	9.73%	38.900 ± 4000	10.28%
200.000 cP	27.200 cP	13.60%	27.200 ± 2000	7.35%
100.000 cP	21.440 cP	21.00%	21.440 ± 1000	4.66%
20.000 cP	14.900 cP	74.50%	14.900 ± 200	1.34%

Tabel toleransi pada pengukuran dengan variasi %Torque

Terlihat pada tabel di atas bahwa pengukuran pada %Torque : 74.5% menunjukkan faktor toleransi pengukuran terkecil yaitu : 1.34%. Faktor toleransi kecil berarti hasil pengukuran memiliki tingkat repeatability/pengulangan yang baik.

Apparent Viscosity vs Absolute Viscosity

Hasil pengukuran viskositas yang sudah dijelaskan di atas disebut sebagai Viskositas semu (**Apparent Viscosity**) dimana nilai Shear Rate tidak diketahui secara pasti. Kita sudah paham bahwa nilai Shear Rate ditentukan oleh beberapa variabel yaitu : Bentuk dan dimensi dari Spindle dan Wadah serta kecepatan putar Spindle (RPM). Pada pengukuran apparent viscosity variabel wadah tidak ditentukan secara pasti. Kita diberi kebebasan untuk menggunakan wadah manapun, yang terpenting batas celupan spindle terpenuhi.

Jika kita menggunakan Viscometer seri DV2T atau DVNext – Brookfield, kedua model ini memiliki fitur untuk menampilkan nilai Shear Rate. Akan tetapi jika kita menggunakan Spindle Standard, nilai Shear Rate yang ditampilkan : 0 (nol). Dalam hal ini nilai sebenarnya bukanlah 0 (nol) akan tetapi dalam posisi tidak ditentukan (un-defined). Kenapa? Karena variabel wadah dan volume sample tidak didefinisikan secara pasti oleh Brookfield. Kita bebas menggunakan Wadah 600ml, 500 ml atau yang lain, yang terpenting dilakukan secara konsisten dan mengikuti batas celupan spindle.

Kebalikan Apparent viscosity adalah Viskositas Absolut (**Absolute Viscosity**) di mana nilai Shear Rate diketahui secara pasti pada saat pengukuran. Hal ini didapatkan karena variabel-variabel pembentuk Shear Rate diketahui secara pasti dan sudah ditentukan oleh pembuat Viscometer tersebut, sehingga konstanta Shear Rate dapat dihitung. Misalnya pengukuran viskositas menggunakan DV2TLV dan Accessories [Small Sample Adapter](#), UL Adapter, Thermosel, dll

Berbeda dengan pengukuran Apparent Viscosity, kita dapat membandingkan hasil pengukuran Absolute Viscosity dari viscometer yang berbeda-beda dengan type atau brand manapun asalkan disamakan nilai Shear Rate-nya.

Absolute viscosity atau defined-Shear Rate viscosity bisa kita dapatkan dari viscometer biasa dengan menambahkan Accessories yang dalam 1 paketnya memiliki wadah dan spindle yang sudah terukur pasti dan volume sample juga sudah ditentukan pada saat pengukuran, sebagai contoh : UL Adapter, Small Sample Adapter, Thermosel. Atau menggunakan Rheometer dimana kita dapat langsung mengontrol nilai Shear Rate.

Berikut ini contoh tabel Shear Rate yang bisa kita dapatkan dari hasil pengukuran dengan Small Sample Adapter. Nilai Shear Rate merupakan hasil kali “Konstanta Shear Rate” dari spindle yang bersangkutan dengan N (kecepatan putar Spindle / RPM).

$$\text{Shear Rate} = \text{Konstanta Shear Rate} \times N$$

Small Sample Adapter Viscosity Ranges cP(mPa·s)						
MODEL	Spindle: SCA-18 Sample Chamber: * SCA-13R(P) Sample Volume: 6.7ml Shear Rate (sec ⁻¹): 132N	Spindle: SCA-31 Sample Chamber: * SCA-13R(P) Sample Volume: 8.0ml Shear Rate (sec ⁻¹): 34N	Spindle: SCA-34 Sample Chamber: * SCA-13R(P) Sample Volume: 8.8ml Shear Rate (sec ⁻¹): 28N	Spindle: SCA-16 Sample Chamber: * SCA-8R(P) Sample Volume: 4.2ml Shear Rate (sec ⁻¹): 28N	Spindle: SCA-25 Sample Chamber: * SCA-13R(P) Sample Volume: 16.1ml Shear Rate (sec ⁻¹): 22N	Spindle: SCA-21 Sample Chamber: * SCA-13R(P) Sample Volume: 7.1ml Shear Rate (sec ⁻¹): 83N
DV3TLV	1.2-30K	12-300K	24-600K	48-1.2M	192-4.8M	Not applicable for historical reasons. However, it is possible to use the above spindles with any of these instruments.
DV2TLV	1.5-30K	15-300K	30-600K	60-1.2M	240-4.8M	
LVDV-IP	3-10K	30-100K	60-200K	120-400K	800-1.6M	Digital Viscometers/Rheometers will automatically calculate viscosity. Please contact Brookfield or an authorized dealer if you require information on viscosity range.
LVDVE	3-10K	30-100K	60-200K	120-400K	800-1.6M	
LVT	5-10K	50-100K	100-200K	200-400K	800-1.6M	
DV3TRV						20-500K 100-2.5M 200-5M 200-5M 400-10M 500-12.5M
DV2TRV						25-500K 125-2.5M 250-5M 250-5M 500-10M 625-12.5M
RVDV-IP						50-170K 250-830K 500-1.7M 500-1.7M 1K-3.3M 1.25K-4.2M
RVDVE		Not applicable for historical reasons.				50-170K 250-830K 500-1.7M 500-1.7M 1K-3.3M 1.25K-4.2M
RVT		However, it is possible to use the above				50-100K 250-500K 500-1M 500-1M 1K-2M 1.25K-2.5M

Tabel Konstanta Shear Rate pada Small Sample Adapter



UL Adapter



Small Sample Adapter



Thermosel

UL Adapter, Small Sample Adapter, Thermosel. Ketiganya memiliki Spindle, Wadah dan Volume sample yang sudah ditentukan secara pasti sehingga nilai Shear Rate dapat ditentukan oleh Brookfield dan menghasilkan hasil pengukuran Absolute Viscosity.



**RSX-CPS
Rheometer**



**RSX-SST
Rheometer**



**RSO - Oscillatory
Rheometer**

RS Rheometer dapat mengontrol nilai Shear Rate dan Shear Stress

Accessories-Accessories Viscometer Brookfield

Untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan pengukuran viskositas, selain memproduksi berbagai model dan varian viscometer dengan rentang pengukuran yang variatif, Brookfield juga menyediakan berbagai macam accessories pelengkap. Berikut ini macam-macam accessories dan penjelasannya :

- **UL Adapter (Ultra Low Adapter)**
Rentang pengukuran terendah Viscometer varian LV hanya mencapai 15 cP. Untuk pengukuran di bawah nilai tersebut diperlukan Accessories UL Adapter (Ultra Low Adapter). Dengan kombinasi Viscometer varian LV dan UL Adapter dapat dicapai pengukuran viskositas hingga 1 cP. Selain itu sample yang diperlukan relatif sedikit hanya 16 ml dan hasil pengukuran menghasilkan Absolute Viscosity karena mendapatkan nilai Shear Rate.
- **Helipath Stand**
Pada sample-sample Non-Flowing (Cream, Pasta, Gel) akan menimbulkan rongga disekitar Spindle Standard yang berbentuk disk/piringan. Akibatnya hasil pengukuran menjadi bias, tidak menunjukkan nilai yang sebenarnya karena sebagian permukaan spindle tidak menempel pada sample yang sedang diukur. Cairan Non-Flowing dengan mudah dapat kita cek dengan mencolek permukaannya dengan ujung pensil atau spatula. Jika permukaan sample tetap meninggalkan jejak dan tidak mengalir kembali sehingga permukaan rata, maka sample tersebut dalam golongan Non-Flowing. Untuk menghindari channelling-effect ini Brookfield memberikan solusi dengan menggunakan Helipath Stand, di mana Spindle berbentuk lidi dengan silang berbentuk huruf T. Selain itu pada tiang viscometer dipasang motor bergerak naik-turun secara pelan sehingga pengukuran tidak statis berhenti pada titik yang sama.
- **SSA (Small Sample Adapter)**
Dalam industri-industri tertentu sample yang akan diuji bernilai ekonomis tinggi sehingga keberatan jika harus menyediakan sample dalam jumlah banyak 200 - 300 ml. Brookfield memberikan solusi dengan menggunakan Accessories Small Sample Adapter (SSA) di mana hanya memerlukan 1-5 ml saja untuk pengukuran viskositas. Seperti pada UL adapter, pengukuran dengan accessories ini memberikan nilai Shear Rate (absolute viscosity).
- **Thermosel**
Untuk pengukuran sample yang memerlukan suhu tinggi dalam pengukurannya. Thermosel mampu memanaskan sample hingga 300°C dan jumlah sample yang diperlukan juga sangat sedikit. Menghasilkan absolute viscosity.
- **Waterbath**
Untuk pengaturan suhu sample. Tersedia pengaturan suhu dari : -20 s/d 200 °C.

Selain itu waterbath juga dilengkapi dengan water-circulator.



UL Adapter



Small Sample Adapter



Thermosel



Helipath Stand



Waterbath

Accessories-accessories untuk Viscometer Brookfield

Prosedur Kalibrasi Viscometer Brookfield

Tingkat akurasi Viscometer Brookfield dapat diverifikasi menggunakan cairan Viscosity Standard / standar viskositas. Standar viskositas terbuat dari bahan silikon yang bersifat **Newtonian**, dan karenanya memiliki viskositas yang sama terlepas dari kecepatan spindel atau Shear Rate.

Standar viskositas, dikalibrasi pada suhu 25°C, ditunjukkan pada Tabel di bawah.

Catatan :

- Ukuran wadah
 - Untuk Standar Viskositas < 30.000 cP, gunakan Griffin Bentuk Rendah 600 mL Beaker memiliki volume kerja 500 mL.
 - Untuk Standar Viskositas ≥ 30.000 cP, gunakan wadah fluida. Diameter Dalam: 3,25”(8,25 cm) Tinggi: 4,75”(12,1 cm)

Wadah boleh lebih besar, tetapi tidak boleh lebih kecil. Suhu, seperti yang tertera pada label Viscosity Standard : (+/-) 0,1°C. Viskometer varian "LV" atau "RV" harus memiliki Guard Leg.

AMETEK Brookfield Viscosity Standards provide a convenient, reliable way to verify the calibration of your AMETEK Brookfield Laboratory Viscometer/Rheometer. AMETEK Brookfield Viscosity

Standards are Newtonian and available as either silicone or oil. Silicone fluids are less temperature sensitive than oil fluids. Note: AMETEK Brookfield recommends that all fluids be replaced annually

Silicone Viscosity Standards

These fluids are most commonly used to verify calibration of AMETEK Brookfield Viscometers/Rheometers.

- Accuracy: ±1% of viscosity value*
- Excellent temperature stability*
- Recommended for use with AMETEK Brookfield and most other rotational viscometers*
- Most economical*
- Special viscosity values and temperature calibrations available upon request*



General Purpose Silicone Fluids

Brookfield Part #	Nominal Viscosity cP (mPa*s)	Temp °C	Temp °C
5 cps	5	20.0°C	25.0°C
10 cps	10	20.0°C	25.0°C
50 cps	50	20.0°C	25.0°C
100 cps	100	20.0°C	25.0°C
500 cps	500	20.0°C	25.0°C
1000 cps	1,000	20.0°C	25.0°C
5000 cps	5,000	20.0°C	25.0°C
12500 cps	12,500	20.0°C	25.0°C
30000 cps	30,000	20.0°C	25.0°C
60000 cps	60,000	20.0°C	25.0°C
100000cps	100,000	20.0°C	25.0°C

High Temperature Silicone Fluids

Brookfield Part #	Nominal Viscosity cP (mPa*s)	Temp °C	Temp °F
HT30000	30,000	25.0°C	77°F
	9,000	93.3°C	200°F
	4,500	149.0°C	300°F

Berikut contoh Prosedur Kalibrasi viscometer menggunakan spindle LV (#61-64) dan RV (#01 – 07). Untuk Prosedur kalibrasi spindle yang lain dapat Anda lihat pada Instruction Manual alat ybs.

1. Letakkan cairan standard (dalam wadah yang sesuai) ke dalam Water Bath.
2. Atur Viscometer pada posisi pengukuran (gunakan Guard Leg untuk Model LV dan RV).
3. Pasangkan spindle pada Viscometer. Hindari terjebaknya gelembung udara dibawah spindle.
4. Rendam botol Viscosity Standard bersama Spindle ke dalam Waterbath dengan suhu 25°C selama minimum 1 (satu) jam.
5. Setelah 1 jam, periksa suhu cairan standard dengan themometer yang akurat dan sudah terkalibrasi.
6. Jika suhu cairan telah mencapai suhu pengujian (± 0.1 °C) lakukan pengukuran viskositas dan catat hasil pembacaan viscometer.
Catatan : %Torque harus berkisar antara : 10 – 100% dan Spindle harus berputar minimum 5 (lima) kali putaran sebelum dilakukan pembacaan.
7. Lakukan pengukuran dengan spindle yang lain.
8. Lakukan perhitungan Hasil Kalibrasi seperti di bawah ini :

Interpretasi Hasil Verifikasi/Kalibrasi Viscometer :

Toleransi kesalahan pembacaan saat melakukan verifikasi/kalibrasi Viscometer Brookfield merupakan merupakan gabungan toleransi kesalahan Alat dan Viscosity Standard.

Contoh :

Perhitungan hasil Kalibrasi :

- Viscometer model : DV2TRV
- No. Spindle : #3RV
- RPM : 2
- Visc. Std. : 12.500 dengan viskositas aktual 12.257 cP pada 25°C.
- FSR (Full Scale Range) : 50.000 cP (DV2TRV menggunakan Spindle #3RV pada RPM : 2)
-

Toleransi pengukuran = $\pm 1\%$ (Toleransi Alat = Toleransi Visc. Std)
= $\pm 1\%$ (50.000 = 12.257)

Preventive and Maintenance

Suatu alat ukur merupakan investasi yang perlu dijaga dan dipantau kondisinya sehingga mendapatkan hasil pengukuran yang akurat dan bertahan dalam waktu yang lama. Oleh karena itu tindakan preventive dan maintenance perlu dilakukan secara berkala. Hal-hal berikut perlu diperhatikan untuk menjaga alat pada kondisi optimum.

1. Kondisi Umum
 - Menjaga kebersihan alat
 - Terjaga suhu dan kelembaban alat sesuai dengan spesifikasinya
 - Tidak terkena matahari langsung
 - Terbebas dari Getaran yang berlebihan
2. Preventive and Maintenance
 - Pemasangan dan pelepasan Spindle dengan benar
 - Coupling ditahan dan diangkat
 - Jangan paksakan jika ulir tidak pas
 - Spindle tidak boleh bengkok (Jatuh, diketok-ketok saat pembersihan, terkena panas, dll)
 - Permukaan Spindle tidak boleh kasar, misalnya : tergesek-gesek spatula logam saat pembersihan. Gunakan spatula bahan kayu/plastik sebagai gantinya.
 - Hindarkan ujung Ulir Spindle kotor yang akan menyebabkan spindle sulit dilepaskan
 - Posisikan viscometer pada level / tidak miring sehingga letak dudukan Pivot Point tepat tidak bergeser.
3. Power Supply
 - Jaga power supply dalam kondisi stabil. Gunakan Voltage Regulator / Pengaman tegangan
4. Kalibrasi/ Verifikasi Secara Periodik
 - Lakukan Kalibrasi / Verifikasi akurasi alat secara periodik.
5. Jika alat menunjukkan indikasi bermasalah, kirimkan ke Workshop Distributor / Suppier resmi untuk perbaikan. Perhatikan cara pengiriman yang baik berikut ini.
 - Pasang Shipping cap. Jika shipping cap sudah tidak ada dapat digantikan dengan karet yang lentur dan dikaitkan antara Coupling nut dengan tangkai belakang unit Viscometer.
 - Masukkan koper dan packing dengan aman.



Petunjuk pengiriman Viscometer Brookfield

**Terima kasih sudah meluangkan waktu Anda
untuk membaca artikel ini.**

Semoga bermanfaat.

Daftar Pustaka

- Catalog Brookfield AMETEK 2019
- BROOKFIELD DV2T Viscometer Operating Instructions Manual
No. M13-167-B061
- More Solutions to Sticky Problems – Brookfield AMETEK
- <https://brookfieldengineering.com>
- <https://visco-meter.com>
- <https://laboratorium-industri.com>

Daftar Alat Laboratorium

[Anemo Meter](#)
[Autoclave /Sterilizer](#)
[Balance / Analytical Balance](#)
[Biological Safety Cabinet](#)
[Bioreactor](#)
[Blendor / Stomacher](#)
[BOD Analysis](#)
[Calorimeter](#)
[Centrifuge](#)
[COD Reactor](#)
[Colony Counter](#)
[Cooled Incubator](#)
[Conductivity Meter](#)
[Disperser](#)
[DO Meter](#)
[Fiber Analysis](#)
[Freeze Dryer](#)
[Flocculator](#)
[Frequency Analyzer](#)
[Fume Hood](#)
[Furnace](#)
[Heating Mantle](#)
[Hot Plate](#)
[Incubator](#)
[Jar Test](#)
[Kjeldahl Digestion Unit](#)
[Kjeldahl Distillation Unit](#)
[Laboratory Blendor](#)
[Laboratory Reactor](#)
[Laminar Air Flow](#)
[Light/Lux Meter](#)
[Magnetic Stirrer](#)
[Magnetic Stirrer with Hot Plate](#)
[Melting Point](#)
[Microscope](#)
[Moisture/Meter Balance](#)
[Nitrogen Analyzer](#)
[Oven – Universal](#)
[Overhead Stirrer/Mixer](#)
[pH Meter](#)
[Powder Flow Tester](#)
[Rheometer / Viscometer](#)
[Rotary Evaporator](#)
[Shaker Orbital/Horizontal](#)
[Sieve Shaker](#)
[Solvent Extractor](#)
[Sound Level Meter](#)
[Spectrophotometer](#)
[Sterilizer / Autoclave](#)
[Tachometer](#)
[Texture Analyzer](#)
[Thermo Hygrometer](#)
[Thermometer](#)
[Tubiditymeter](#)
[Ultrasonic Cleaner](#)
[Ultra Turrax](#)
[Vacuum Pump](#)
[Vibration Meter](#)
[Video Borescope](#)
[Viscometer / Rheometer](#)
[Vortex Mixer](#)
[Water Distiller](#)
[Waterbath Cooling/Heating](#)

Tentang Penulis



Mugi Raharjo, pria kelahiran Yogyakarta dan menyelesaikan Diploma Teknik di Universitas Gadjah Mada. Berpengalaman sebagai Technical Engineer untuk alat-alat Laboratorium. Juga pernah dipercaya sebagai pengawas dan Auditor dalam Implementasi Manajemen Mutu ISO:9000 di Bidang Konstruksi.

Sejak tahun 2002 hingga saat ini aktif sebagai tenaga pemasaran alat-alat Laboratorium untuk kebutuhan berbagai macam Industri : Food and Beverage, Farmasi, Kosmetik, Analisa lingkungan, dll. Hobi berolah-raga dan main catur, juga senang saling tukar berbagi pengalaman. Jika tertarik untuk diskusi atau konsultasi dapat menghubungi HP : 0818-822-488 atau email : mugi_tsp@yahoo.co.id.