

LAPORAN PENELITIAN

**PERHITUNGAN *CREEP BEHAVIOR* DAN *STRESS RELAXATION*
DENGAN METODA ANALITIK DAN DIVALIDASI DENGAN
METODA STATISTIK FITTING DATA**



KETUA PENELITIAN : Dra. Mustamina Maulani, MT. (3441/ 0313066706)
ANGGOTA PENELITI : Dra. Lisa Samura, M.T. (3475/ 0320046709)
 : Cahaya Rosyidan, S.Si, M.Sc. (3102/ 03123018602)
 : Ir. Bayu Satiyawira, M.Si. (2026/ 0307086401)

**JURUSAN/PROGRAM STUDI
FAKULTAS TEKNOLOGI KEBUMIHAN DAN ENERGI
UNIVERSITAS TRISAKTI**

Juli, 2020

LEMBAR PENGESAHAN PELAKSANAAN PENELITIAN

1. Judul Penelitian :

PERHITUNGAN *CREEP BEHAVIOR* DAN *STRESS RELAXATION* DENGAN METODA ANALITIK DAN DIVALIDASI DENGAN METODA STATISTIK FITTING DATA

Program Studi Teknik Perminyakan
Ketua,



(Ir. Abdul Hamid, MT.)
NIK : 1894/Usakti

Jakarta, 28 Juli 2020
Dekan,



(Dr. Ir. Afiat Anugrahadi, M.S)
NIK : 1663/Usakti

Jakarta, 28 Juli 2020

Direktur Lembaga Penelitian



(Dr. Astri Rinanti Nugroho, M.T.)
NIK : 2234 /Usakti

ABSTRAK

Peranan Ilmu Fisika dan Matematika dalam perkembangan ilmu pengetahuan sampai sekarang tidak terbantahkan.. Bahkan dalam bidang textile sekalipun tidak bisa terlepas dari bidang keilmuan ini. Pada peneliitan ini akan memodifikasi persamaan Maxwell dengan model empat spring dan dua dasphot dan divalidasi secara statistik. Penelitian ini menghasilkan persamaan *Stress Relaxation* $\sigma = 8E\varepsilon - \sigma_0 e^{-\frac{2E}{\eta}t}$ dan *Creep Behaviour* $\varepsilon = \frac{\sigma}{8E} (1 - e^{-\frac{8E}{3\eta}t})$. Hasil analitik ini kemudian diuji secara eksperimen dan divalidasi dengan metode statistik menghasilkan nilai regresi sebesar ($R^2 = 0.99$ and 0.98).

Kata kunci : Viscoelastic, Data Fitting, Maxwell model

PRAKATA

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah SWT atas karunianya yang melimpah sehingga penelitian dengan judul Perhitungan Creep Behavior Dan Stress Relaxation Dengan Metoda Analitik Dan Divalidasi Dengan Metoda Statistik Fitting Data ini dapat diselesaikan. Laporan ini disusun sebagai pertanggungjawaban kami terhadap penelitian yang kami lakukan.

Merupakan kebanggaan tersendiri karena meskipun cukup banyak hambatan dan keterbatasan peralatan yang ada, penelitian ini dapat kami selesaikan dengan baik. Tentu saja hal ini dikarenakan dukungan tim yang dapat bekerjasama dengan baik dan dukungan dari banyak pihak yang terkait.

Untuk itu, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penelitian ini, antara lain:

1. Dekan Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi Universitas Trisakti atas dukungan dana yang diberikan.
2. Para wakil Dekan Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi Universitas Trisakti.
3. Ka. Prodi Teknik Perminyakan atas suportnya sehingga selesainya penelitian ini.
4. Dr. Valentinus Galih Vidia Putra, S.Si., M.Sc.- Ka. Laboratorium Mekatronika Politeknik STTT Bandung.
5. Seluruh tim yang terlibat dalam kegiatan penelitian ini

Kami berharap mendapat masukan, saran dan kritik dari para pembaca sehingga penelitian ini semakin lebih baik lagi dan menumbuhkan ide-ide baru untuk penelitian selanjutnya. Pada akhirnya kami berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membaca, pengembangan ilmu kebumihan dan dapat diaplikasikan di industri Migas.

Jakarta, 28 Juli 2020

Tim Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	3
PRAKATA	4
DAFTAR ISI	5
DAFTAR LAMPIRAN	7
DAFTAR GAMBAR	8
DAFTAR TABEL	9
BAB I	
PENDAHULUAN	10
I.1 Latar Belakang Masalah	10
I.2 Rumusan Masalah	11
I.3 Maksud dan Tujuan	11
I.4 Hipotesis	12
I.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	12
I.6 Manfaat Hasil Penelitian	12
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	13
II.1. Serat dan Karakteristik kain	13
II.2. Model Creep dan Stress Relaxation	18
BAB III	
METODOLOGI PENELITIAN	21
III.1 Metode Penelitian	21
III.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	22
BAB IV	
HASIL PENELITIAN	23
IV.1 Analisis Data	23
IV.2 Uji Eksperimen Alat Instron	28
IV.3 Validasi Statistik	28
	5

BAB V	
KESIMPULAN DAN SARAN	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

PERTANGGUNGJAWABAN PENGGUNAAN DANA PENELITIAN..... 35

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Model Maxwell dua elemen	19
Gambar III.1 Road Map Penelitian.....	21
Gambar IV.1. Model Empat Spring dan Dua Dasphot	23
Gambar IV.2. Rangkaian Pararel.....	24
Gambar IV.3. Stress Relaxation vs Time	30
Gambar IV.4. Creep Behaviour vs Time	30

DAFTAR TABEL

Tabel 0.1 Jadwal pelaksanaan penelitian	22
Tabel IV.1. Stress Relaxation Calculation	29
Table IV.2. Creep Behaviour Calculation.....	29

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan industri tekstil di Indonesia terus menunjukkan peningkatan bahkan mampu bersaing di pasar internasional. peningkatan taraf hidup yang lebih baik diikuti dengan inovasi, terus memicu pertumbuhan industri tekstil untuk memenuhi kebutuhan manusia yang juga terus berkembang. Tak heran jika banyak negara terus melakukan pembenahan terhadap sektor ini untuk meningkatkan daya saing dalam era perdagangan global.

Industri tekstil sebagai salah satu industri utama dalam pembuat bahan baku dari kebutuhan masyarakat yaitu sandang atau pakaian. Industri tekstil merupakan pembuat kain dan bahan dasar dari produk-produk berupa kaos, baju, jaket, celana, sprei, dll.

Dalam industri textile dikenal serat polyester adalah serat sintetik yang terbuat dari hasil polimerisasi etilen glikol dengan asam tereftalat melalui proses polimerisasi kondensasi. Hasil polimerisasi berupa chip ataupun polimer leleh, yang kemudian dilakukan proses spinning untuk membentuk fiber. Pembentukan fiber dilakukan dengan temperatur di atas titik leleh polyester, dengan bantuan gear pump yang menentukan ukuran fiber yang keluar melalui spinneret. Spinneret disini akan menentukan cross section atau bentuk dari fiber yang diinginkan, seperti bulat, segitiga, dan lain-lain. Selanjutnya ribuan helai serat panjang ini disatukan dan ditarik serta diletakkan di dalam can. Serat-serat dari beberapa can kemudian ditarik (draw) bersama sama sehingga didapatkan serat dengan ketebalan tertentu biasanya dinyatakan dengan satuan denier. Pada proses peregangan ini diberikan spin finish oil yang berfungsi mengurangi elektro statik yang terjadi pada saat serat viz diproses pada mesin mesin pemintalan berikutnya. Setelah melalui proses peregangan selanjutnya masuk ke proses crimping. Kemudian serat tadi dipotong potong menggunakan rotary cutter dengan panjang sesuai dengan keperluan, misalnya 38 mm, 44 mm, 51 mm dan lain sebagainya. Pada saat proses pemotongan

serat diberikan hembusan agar serat-serat yang telah terpotong pendek-pendek dapat terurai satu sama lain.

Serat viz akan bernilai lebih ekonomis jika diberikan suatu treatment tambahan untuk meningkatkan nilai tambahan pada serat viz. Teknologi plasma merupakan salah satu cara untuk meningkatkan nilai tambah dari serat viz. Serat viz yang sudah di treatment rencananya akan dibuat menjadi geotextile. Sehingga berguna bagi dunia kebumihan. Berdasarkan uraian latar belakang penelitian, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul ‘*Perhitungan Creep Behaviour Dan Stress Relaxation Dengan Metode Analitik Dan Divalidasi Dengan Metode Statistik Fitting Data*’.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan pada latar belakang di atas, maka penulis dapat merumuskan masalah dalam penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana peran penurunan rumus secara analitik mampu memecahkan persoalan yang ada tanpa bantuan komputer.
2. Setiap pemecahan secara analitik dianggap benar dan sah apabila dibuktikan secara eksperimen.
3. Penggunaan metode fitting data mampu menjawab dan membantu validasi antara hasil analitik dengan eksperimen.

I.3 Maksud dan Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat model persamaan analitik dari empat pegas dan dua dasphot.
2. Membandingkan model analitik dengan sebuah eksperimen kemudian di validasi dengan metode statistik

I.4 Hipotesis

Perhitungan *Creep Behaviour* dan *Stress Relaxation* ini merupakan dasar berpikir sebelum melangkah ke tahap selanjutnya. Tanpa perhitungan model ini tidak bisa menggambarkan pola serat benang yang akan dibentuk.

I.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Lingkup penelitian ini masih dibatasi untuk lokal dan Penelitian ini merupakan penelitian awal, pembatasan masalah penelitian ini dikerjakan secara hitungan model matematika dan hasilnya divalidasi dengan statistik yaitu *fitting test*.

I.6 Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat penelitian ini memberikan suatu model baru yang belum pernah diteliti dan dibandingkan dengan sebuah eksperimen dan divalidasi dengan metode statistik. Penelitian ini merupakan sebuah awal atau dasar dari pembuatan Geotextile.

I.7 Luaran Penelitian

Luaran dari penelitian ini dibuat poster yang diajukan untuk 2 pengajuan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) – Hak Cipta (sertifikat Hak Cipta di lampiran 2) dengan bentuk ciptaan poster dan laporan penelitian dan paper yang akan dipublikasi di jurnal terakreditasi nasional Sinta 3 (lampiran 3).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tinjauan pustaka akan diuraikan tentang serat suatu kain dan karakteristik kain dan Model *Creep* dan *Stress Relaxation*.

II.1. Serat dan Karakteristik kain

Setiap kain mempunyai sifat serat yang berlainan. Adapun sifat serat menurut (Rini & Khayati, 2016), serat tekstil memiliki bentuk dan sifat sebagai berikut :

1. Panjang serat

Pada umumnya bentuk panjang serat dibedakan atas :

a. Stapel

Stapel adalah serat yang pendek-pendek. Panjangnya hanya beberapa inci (1 inci = 2,54 cm). Pada umumnya serat alam berbentuk stapel, sekitar 50% serat buatan juga diproduksi dalam bentuk stapel dengan memotong-motong filamen menjadi serat yang panjangnya berkisar 1–6 inci.

b. Filamen

Filamen adalah serat yang sangat panjang, seperti serat sutera. Semua serat buatan mula-mula dibuat dalam bentuk filamen.

c. Tow

Tow adalah multifilamen yang terdiri dari puluhan atau ratusan ribu filamen dalam bentuk berkas seperti sliver (sumbu), terkadang dengan antikan sedikit. Filamen-filamen tersebut sudah tersusun sejajar, sehingga memudahkan untuk dipintal menjadi benang setelah dipotong-potong. Sifatnya lembut, berkilau dan melangsai.

d. Monofil

Monofil adalah mono-filamen, artinya satu filamen. Benang monofilamen ini adalah benang yang terdiri dari satu helai filamen. Benang ini terutama digunakan untuk keperluan-keperluan khusus seperti stoking (kaos kaki wanita), blouse, tirai, yang kasar untuk pembungkus jok kursi, screen (dinding).

2. Penampang lintang serat

Penampang lintang serat berpengaruh pada kilau dan daya pegang serat (lemas tidaknya). Makin bulat penampang lintangnya semakin berkilau dan semakin lemas pegangannya. Bentuk penampang lintang serat bermacam-macam, yakni bulat, oval, bergerigi, segitiga, pipih dan sebagainya. Untuk jenis yang sama, serat alam memiliki penampang lintang yang bervariasi, sedangkan penampang lintang serat buatan untuk jenis yang sama pada umumnya sama.

3. Kekuatan serat

Kekuatan serat berpengaruh langsung pada kekuatan produksi akhir, makin kuat seratnya, makin kuat pula benang atau kainnya. Serat yang kuat biasanya lebih kuat.

4. Daya serap serat

Semua serat dapat menyerap uap air sampai batas tertentu terutama serat-serat yang berasal dari alam. Serat yang dapat menyerap uap air lebih banyak dinamakan serat yang bersifat higroskopis. Serat ini lebih comfotabel / enak dipakai terutama pada daerah-daerah tropis. Serat yang sedikit menyerap air dalam keadaan basah maupun kering sifat-sifatnya hampir sama, cepat kering dan daya susutnya kecil.

5. Mulur dan elastisitas serat

Elastisitas adalah kemampuan serat untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami tarikan, atau dengan kata lain elastisitas adalah kemampuan serat untuk memendek lagi ke panjang semula apabila tarikan dilepaskan. Sedangkan apabila serat mendapatkan tarikan maka akan mengakibatkan mulur.

6. Keriting dan pilinan serat

Beberapa serat alam telah mempunyai pilinan pada waktu tumbuhnya yang disebut pilinan asli. Serat kapas memiliki pilinan asli kira-kira 155-600/inci. Pilinan ini dapat dilihat dengan mikroskop. Sedangkan serat woll dinilai lebih bergelombang atau keriting dari serat lain. Bentuk gelombang atau keriting ini mempunyaipengaruh terhadap daya kohesi antar serat sehingga dapat

menghasilkan benang yang ruah (lofty). Untuk serat-serat buatan bentuk keriting dapat diberikan secara mekanik dalam pembuatannya.

7. Kehalusan serat

Kehalusan serat turut menentukan kekuatan dan kehalusan benangnya, makin halus makin baik, tetapi terlalu halus untuk suatu serat alam dapat menunjukkan mudanya serat itu. Serat yang muda dapat menimbulkan serat yang kusut (nep) dalam pengolahannya, sehingga benang yang dihasilkan bermutu rendah.

8. Kedewasaan serat

Kedewasaan serat menunjukkan tua mudanya serat. Serat dewasa berarti serat tersebut berkembang dengan sempurna, sedangkan serat muda berarti perkembangannya tidak sempurna atau terhenti. Serat muda sewaktu dipintal banyak yang membentuk nep dan tidak tahan terhadap gesekan.

9. Warna serat

Pada umumnya makin putih, warna serat makin baik. Dalam beberapa hal karena gangguan iklim, hama, jamur dan lain – lain, serat alam akan berwarna krem, coklat, abu – abu, biru atau berbintik, dan sebagainya.

Menurut (Sunarto, 2012), serat memiliki dua sifat, yaitu sifat fisika dan sifat kimia. Sifat fisika serat ada delapan, yaitu panjang serat, kekuatan serat, mulur dan elastisitas, daya serap, kriting dan pilinan serat, kehalusan serat, kedewasaan serat, dan warna serat. Sedangkan sifat kimia serat ada 5, yaitu :

1. Sifat kimia serat kapas

Tahan terhadap penyimpanan, pengolahan dan pemakaian yang normal, kekuatan menurun oleh zat penghidrolisa karena terjadi hidro-selulosa mempunyai efek kilap, karena proses mersirasi, serat mudah diserang oleh jamur dan bakteri terutama dalam keadaan lembab dan pada suhu yang hangat.

2. Sifat kimia serat wol

Tahan terhadap jamur dan bakteri tetapi bila wol telah rusak oleh zat kimia terutama alkali pada pH 8, wol mudah diserang serangga dan jamur yaitu kekuatan turun.

3. Sifat kimia serat sutera

Tidak mudah rusak oleh larutan asam encer hangat, tapi larut dengan cepat didalam asam kuat. Sutera mudah diserang oleh oksidator, tahan terhadap jamur, serangga, dan bakteri. Pemanasan yang lama dalam air menyebabkan kilau dan kekuatan berkurang.

4. Sifat kimia rayon viskosa

Cepat rusak oleh asam, kekuatan berkurang oleh jamur. Paling sesuai diputihkan dengan natrium hipoklorit dalam suasana netral. Sifat kimia nylon tahan terhadap pelarut – pelarut dalam pencucian kering. Tahan terhadap asam encer, tahan terhadap basa.

5. Sifat kimia poliester

Tahan asam, basa lemah tetapi kurang tahan basa basa kuat, tahan zat oksidator, alkohol, sabun, dan zat untuk pencucian kering. Tahan terhadap jamur, serangga dan bakteri.

Berdasarkan beberapa pendapat diatas, dapat disimpulkan bahwa sifat serat tekstil dibedakan menjadi 2, yaitu sifat fisika serat dan sifat kimia serat. Sifat fisika serat ada 9, yaitu panjang serat, penampang lintang serat, kekuatan serat, daya serap serat, mulur dan elastisitas serat, keriting dan pilinan serat, kehalusan serat, kedewasaan serat dan warna serat. Sedangkan sifat kimia serat ada 5, yaitu sifat kimia serat kapas, serat wol, serat sutera, serat rayon viskosa dan poliester.

Menurut (“Pewarnaan Bahan Tekst. dengan Menggunakan Ekstrak Kayu Nangka dan Tek. Pewarnaannya untuk Mendapatkan Has. yang Optim.,” 2014) Bahan tekstil yang diwarnai dengan zat warna alam adalah bahan-bahan yang berasal dari serat alam seperti sutera, wol dan kapas (katun), meskipun demikian tidak menutup kemungkinan serat sintetis dapat dicelup dengan zat warna alam setelah sifat-sifat serat sintetis tersebut dibuat mendekati sesuai untuk zat warna alam. Penelitian ini menggunakan tiga jenis kain, yaitu kain mori, sutera dan satin. Masing-masing kain memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Karakteristik dari masing-masing kain berdasarkan jenis seratnya.

Karakteristik serat kapas berasal dari rambut biji tanaman jenis *Gossypium*. Kapas merupakan tumbuhan semak daerah tropis. Pertumbuhan kapas banyak dipengaruhi oleh susunan, tanah, iklim, pemeliharaan dan lain-lain. Menurut

(Fitrihana, 2007)(Fitrihana, 2007), serat kapas memiliki kelemahan, yaitu mudah kusut, akan tetapi serat kapas memiliki banyak keunggulan, yaitu :

- Nyaman dan sangat lembut (comfortable soft hand)
- Memiliki daya serap terhadap air bagus
- Memiliki warna yang awet
- Sangat baik untuk di printing
- Dapat dicuci dengan mesin
- Dapat di dry cleaning
- Kekuatan yang baik
- Kelangsaiannya bagus
- Mudah untuk diolah, dirawat dan dijahit

Karakteristik serat sutera, menurut, sutera adalah serat yang berbentuk filamen yang dihasilkan dari sejenis serangga lepidoptera. Serat sutera mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Benang sutera merupakan benang terhalus dari bahan-bahan tekstil asli dan terkuat jika dibandingkan dengan bahan lain yang sama halusnnya.
- Mempunyai kekuatan kusut sebesar 15% dalam keadaan basah.
- Mempunyai panjang filamen 300-1600 meter.
- Penampang berbentuk segitiga dengan sudut-sudut membulat, hal ini menyebabkan sutera menjadi berkilau.
- Licin, lembut, kenyal, kuat dan dapat menyesuaikan diri dengan temperatur udara.
- Bukan penghantar panas yang baik, tetapi serat sutera me-nyebabkan rasa dingin apabila dipakai.
- Higroskopis atau menghisap keringat, baik untuk pakaian musim panas dan musim dingin.
- Serat sutera tahan terhadap ngengat.
- Dapat rusak terhadap sinar matahari, sehingga dapat me-nyebabkan warna serat berubah menjadi kuning. Disarankan pada saat menjemur sutera (kain sutera) tidak terkena cahaya/sinar matahari langsung.

- Dapat rusak apabila terkena obat kelantang yang mengandung chlor, dan dapat rusak dengan pemakaian seterika dengan panas 1100°C. Disarankan pada saat pemakaian seterika menggunakan panas kurang dari 1100°C.
- Tahan terhadap lindi, sehingga pada saat mencuci harus menggunakan sabun lunak supaya tidak mengurangi kekilauan serat.
- Tidak tahan terhadap asam. Pemakaian asam dapat menyebabkan warna dan kilau serat menjadi luntur atau hilang.

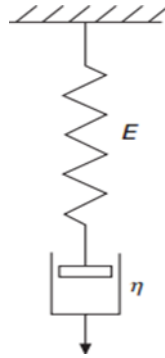
Karakteristik serat satin, kain satin biasanya terbuat dari jenis serat polyester. Menurut (Fitrihana, 2007), polyester memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Tahan kusut dan tahan cuci
- Tahan terhadap obat kelantang
- Lebih tahan terhadap sinar matahari daripada nylon.
- Dapat ditekan dengan seterika panas (1500°C), hingga terjadi lipatan tetapi dapat dihilangkan dengan panas yang sama pula. Untuk membuat lipatan yang permanen memerlukan panas 2100°C.
- Mempunyai sifat elastis yang baik.
- Poliester tahan terhadap asam lemah, meskipun pada suhu mendidih.
- Poliester meleleh di udara pada suhu 2050°C dan tidak menguning pada suhu yang tinggi.
- Dimensi poliester dapat distabilkan dengan cara pemantapan panas yang diatur pada suhu tertentu. Kain satin diproduksi dengan menggunakan metode anyaman satin. Kain dengan seluruh anyaman satin berwarna putih atau celupan lainnya. Kain ini banyak digunakan sebagai pakaian wanita atau sebagai pelapis. Kain dengan anyaman satin memiliki sifat kain yang lebih licin dan lebih berkilau

II.2. Model *Creep* dan *Stress Relaxation*

Perilaku linier viskoelastik linier biasanya di wakili oleh model yang terdiri dari pegas – pegas yang mengikuti hukum Hook deformasi elastis dan dashpot dengan sifat cairan Newtonian di mana stres sebanding dengan laju regangan.

Model Maxwell mempunyai sebuah pegas dan sebuah dashpot di hubungkan oleh rangkaian seri. Karenanya, stress setiap elemen adalah sama dalam keseluruhan model dimana strain sama dengan penjumlahan strain dari dua elemen, diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar II.1. Model Maxwell dua elemen (Rosyidan, Maulani, Samura, & Putra, 2019)

$$\sigma_1 = E \varepsilon_1 \quad , \quad \sigma_2 = \eta \frac{d\varepsilon_2}{dt} \quad \text{dimana} \quad \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma \quad , \quad \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

Menggabungkan dua persamaan ini menghasilkan :

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta} \quad \text{(II.1)}$$

Model Maxwell dapat menjelaskan secara rasional stress relaxation ketika

$\frac{d\varepsilon}{dt} = 0$. Substitusikan persamaan ini ke dalam persamaan (II.1) , maka :

$$\frac{d\sigma}{\sigma} = -\frac{E}{\eta} dt$$

Setelah di integralkan dengan kondisi awal $t = 0$, $\sigma = \sigma_0$ didapatkan :

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{t}{\tau_{rel}}}$$

Dimana $\tau_{rel} = \frac{\eta}{E}$ di namakan waktu relaksasi yang mengacu kepada titik slope maksimum pada grafik stress relaxation yang di plot pada skala logaritmik di titik stress $\sigma = \sigma_0 e^{-1}$.

Dapat dilihat bahwa model Maxwell tidak cukup menggambarkan perilaku viskoelastik dalam creep karena di bawah tekanan konstan yaitu $\frac{d\sigma}{dt} = 0$, itu sesuai dengan hukum viskositas Newton.

Model Voigt (Chen, 2011) yang ditunjukkan pada Gambar II.1. memiliki pegas dan dashpot yang disusun secara paralel. Oleh karena itu, total stres dibagi antara dua elemen ini sehingga $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$ namun strain tiap elemen adalah sama $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$. Maka, untuk model ini adalah:

$$\sigma = E\varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

Integrasi dan pengaturan ulang ulang memberikan persamaan untuk creep, yaitu :

$$\varepsilon = J\sigma(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{ret}}})$$

Dimana $J = \frac{1}{E}$ adalah pegas dan $\tau_{ret} = \frac{\eta}{E}$ adalah waktu retardasi.

BAB III

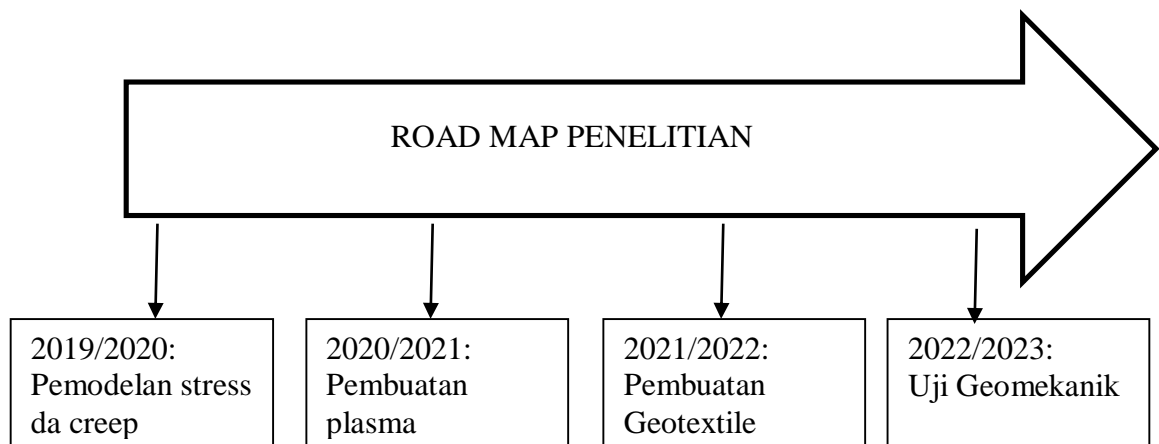
METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

Perhitungan *creep behaviour* dan *stress relaxation* merupakan penerapan rumus dari model yang diciptakan sendiri. Hasil analitik ini kemudian divalidasi oleh fitting data. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Membuat model antara variasi pegas dan dasphot yang belum pernah dicoba sebelumnya sehingga akan diperoleh suatu persamaan matematis.
2. Menguji benang poliester yang sesuai dengan model matematis tersebut dengan mesin insron.
3. Persmaan matematis yang diperoleh dan hasil eksperimen tadi kemudiaan di validasi dengan metode fitting curve.

Road Map penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar III.1 Road Map Penelitian

1. Tahun pertama penelitian ini adalah dengan membuat model matematis mengenai perhitungan stress dan creep. Pembuatan model

ini sangat penting karena merupakan dasar perhitungan menentukan nomer benang untuk dibuat kain.

2. Tahun berikutnya adalah pembuatan plasma yang cocok dengan kain (textile) sehingga mampu merekayasa bahan kain tersebut sesuai dengan yang kita inginkan.
3. Pembuatan geotextile dimulai pada tahun ketiga. Geotextile sendiri sangat penting digunakan sebagai dasar pondasi dari pembangun jalan tol, rel kereta dll karena fungsinya sebagai penahan struktur dan menjadi kestabilan kontur tanah.
4. Uji coba kekuatan Geotextile dengan percobaan longsor sehingga akan diketahui model geomekanika yang mampu ditahan geotextile tersebut

III.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel 0.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	2019			2020			
		Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mrt	Apr
1.	Studi pustaka		V	V				
2.	Penurunan rumus				V			
3.	Pengambilan dan pengolahan data				V	V	V	
4.	Pembuatan laporan akhir						V	V

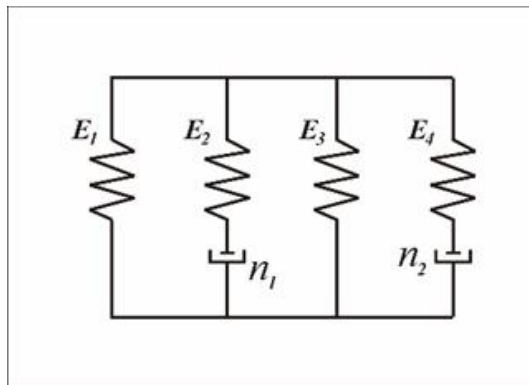
BAB IV

HASIL PENELITIAN

Pada Bab IV ini akan di lakukan perhitungan model Maxwell dengan metode analitik dan kemudian diuji secara eksperimen. Uji eksperimen dilakukan dengan mesin Instron. Data eksperimen dan perhitungan analitik akan dilihat apakah hasilnya identik satu sama lain. Validasi kedua perhitungan dilakukan dengan metode statistik

IV.1 Analisis Data

Pada penelitian ini akan di modifikasi persamaan Maxwell empat spring dan dua dasphot. Penelitian ini merupakan penelitian analitik dan diuji secara eksperimental dengan alat Ishron di Sekolah Tinggi Teknik Textile Bandung (Galih Vidia Putra, Wijayono, ., Martina, & Rosyidan, 2019). Adapaun perhitungannya disajikan berikut ini:



Gambar IV.1. Model Empat Spring dan Dua Dasphot

$$\sigma_{\varepsilon_1} = E_1 \varepsilon_1; \sigma_{\varepsilon_2} = E_2 \varepsilon_2; \sigma_{\varepsilon_3} = E_3 \varepsilon_3; \sigma_{\varepsilon_4} = E_4 \varepsilon_4$$
$$\sigma_{\eta_1} = \eta_1 \frac{d\varepsilon_1}{dt}; \sigma_{\eta_2} = \eta_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt}$$

Mengerjakan terlebih dahulu yang seri :

1) $\sigma_{\varepsilon 2} = \sigma_{\eta 1} = \sigma$ Karena rangkaian seri, maka stressnya terdistribusi secara merata dalam setiap komponen (Galih Vidia Putra, Wijayono, Irwan, Irwan, & Rosyidan, 2019). Oleh karena itu :

$$\sum \varepsilon = 0$$

$$\varepsilon = \varepsilon_2 + \frac{\sigma_{\eta 1}}{\eta_1} \frac{d\varepsilon_1}{dt}$$

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E_2} \frac{d\sigma_{\varepsilon 1}}{dt} + \frac{\sigma_{\eta 1}}{\eta_1}$$

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E_2} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta_1}$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = E_2 \left[\frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{\sigma}{\eta_1} \right]$$

2) $\sigma_{\varepsilon 4} = \sigma_{\eta 2} = \sigma$ Karena rangkaian seri, maka stressnya terdistribusi secara merata dalam setiap komponen. Oleh karena itu :

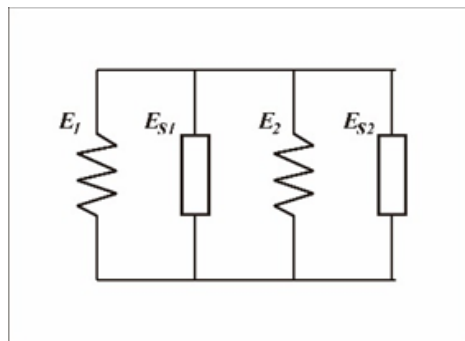
$$\sum \varepsilon = 0$$

$$\varepsilon = \varepsilon_4 + \frac{\sigma_{\eta 2}}{\eta_2} \frac{d\varepsilon_2}{dt}$$

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E_4} \frac{d\sigma_{\varepsilon 4}}{dt} + \frac{\sigma_{\eta 2}}{\eta_2}$$

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E_4} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta_2}$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = E_4 \left[\frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{\sigma}{\eta_2} \right]$$



Gambar IV.2. Rangkaian Pararel(Rosyidan et al., 2019)

3) Setelah mengerjakan rangkaian seri, mari lanjut ke rangkaian paralel:

$\varepsilon_1 = \varepsilon_{s1} = \varepsilon_3 = \varepsilon_{s2} = \varepsilon$, maka

$$\sigma = \sigma_{\varepsilon 1} + \sigma_{s1} + \sigma_3 + \sigma_{s2}$$

$$\begin{aligned}
\sigma &= E_1 \varepsilon_1 + \frac{d\sigma_{s1}}{dt} + E_3 \varepsilon_3 + \frac{d\sigma_{s2}}{dt} \\
\frac{d\sigma}{dt} &= E_1 \frac{d\varepsilon_1}{dt} + E_2 \left[\frac{d\varepsilon_{s1}}{dt} - \frac{\sigma_{\eta1}}{\eta1} \right] + E_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt} + E_4 \left[\frac{d\varepsilon_{s2}}{dt} - \frac{\sigma_{\eta2}}{\eta2} \right] \\
\frac{d\sigma}{dt} &= E_1 \frac{d\varepsilon_1}{dt} + E_2 \left[\frac{d\varepsilon_{s1}}{dt} - \frac{\sigma - \sigma_{\varepsilon1} - \sigma_{\varepsilon3} - \sigma_{\eta2}}{\eta1} \right] + E_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt} \\
&\quad + E_4 \left[\frac{d\varepsilon_{s2}}{dt} - \frac{\sigma - \sigma_{\varepsilon1} - \sigma_{\varepsilon3} - \sigma_{\eta1}}{\eta2} \right] \\
\frac{d\sigma}{dt} &= E_1 \frac{d\varepsilon_1}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon_{s1}}{dt} - E_2 \frac{\sigma}{\eta1} + E_2 \frac{\sigma_{\varepsilon1}}{\eta1} + E_2 \frac{\sigma_{\varepsilon3}}{\eta1} + E_2 \frac{\sigma_{\eta2}}{\eta1} + E_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt} + E_4 \frac{d\varepsilon_{s2}}{dt} \\
&\quad - E_4 \frac{\sigma}{\eta2} + E_4 \frac{\sigma_{\varepsilon1}}{\eta2} + E_4 \frac{\sigma_{\varepsilon3}}{\eta2} + E_4 \frac{\sigma_{\eta1}}{\eta2} \\
\frac{d\sigma}{dt} &= E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} - E_2 \frac{\sigma}{\eta1} + \frac{E_2 E_1 \varepsilon}{\eta1} + \frac{E_2 E_3 \varepsilon}{\eta1} + \frac{E_2 \eta2}{\eta1} \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} + E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} - E_4 \frac{\sigma}{\eta2} \\
&\quad + \frac{E_4 E_1 \varepsilon}{\eta2} + \frac{E_4 E_3 \varepsilon}{\eta2} + \frac{E_4 \eta1}{\eta2} \frac{d\varepsilon}{dt} \\
\frac{d\sigma}{dt} - E_2 \frac{\sigma}{\eta1} - E_4 \frac{\sigma}{\eta2} &= E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_2 E_1 \varepsilon}{\eta1} + \frac{E_2 E_3 \varepsilon}{\eta1} + \frac{E_2 \eta2}{\eta1} \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} + E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_4 E_1 \varepsilon}{\eta2} \\
&\quad + \frac{E_4 E_3 \varepsilon}{\eta2} + \frac{E_4 \eta1}{\eta2} \frac{d\varepsilon}{dt} \\
\frac{d\sigma}{dt} + \sigma \left(\frac{E_2 \eta2 + E_4 \eta1}{\eta1 \eta2} \right) &= E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_2 E_1 \varepsilon}{\eta1} + \frac{E_2 E_3 \varepsilon}{\eta1} + \frac{E_2 \eta2}{\eta1} \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} + E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_4 E_1 \varepsilon}{\eta2} \\
&\quad + \frac{E_4 E_3 \varepsilon}{\eta2} + \frac{E_4 \eta1}{\eta2} \frac{d\varepsilon}{dt}
\end{aligned}$$

Kedua ruas kanan dan kiri kita kalikan $\left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right]$, maka menjadi :

$$\begin{aligned}
&\left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma \\
&= E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] \\
&\quad + \frac{E_2 E_1 \varepsilon}{\eta1} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] + \frac{E_2 E_3 \varepsilon}{\eta1} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] \\
&\quad + \frac{E_2 \eta2}{\eta1} \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] \\
&\quad + E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] + \frac{E_4 E_1 \varepsilon}{\eta2} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] \\
&\quad + \frac{E_4 E_3 \varepsilon}{\eta2} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right] + \frac{E_4 \eta1}{\eta2} \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta1\eta2}{E_2\eta2 + E_4\eta1} \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma \\
& = 2E_3 \varepsilon + 2E_1 \varepsilon + \frac{E_1 \varepsilon \eta_2}{E_4 \eta_1} (E_3 + E_1) + \frac{E_4 \varepsilon \eta_1}{E_2 \eta_2} (E_3 \\
& + E_1) + E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \right] + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \right] \\
& + \frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \right] + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \\
& + E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \right] + \frac{E_4 \eta_1}{\eta_2} \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E_3 \varepsilon + 2E_1 \varepsilon + \frac{E_1 \varepsilon \eta_2}{E_4 \eta_1} (E_3 + E_1) + \frac{E_4 \varepsilon \eta_1}{E_2 \eta_2} (E_3 + E_1) + \\
& \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \left[E_1 + 2E_2 + \frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} + E_4 + \frac{E_4 \eta_1}{\eta_2} \right] \text{ (solusi per. Umum)}
\end{aligned}$$

Perhitungan *Stress relaxation* :

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = 0$$

$$\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E_3 \varepsilon + 2E_1 \varepsilon + \frac{E_1 \varepsilon \eta_2}{E_4 \eta_1} (E_3 + E_1) + \frac{E_4 \varepsilon \eta_1}{E_2 \eta_2} (E_3 + E_1) + 0$$

Jika dianggap $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = E$, dan $\eta_1 = \eta_2 = \eta$ maka persamaan di atas menjadi :

$$\left[\frac{\eta}{2E} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta}{2E} \right] [E + 2E + E + E + E]$$

$$\left[\frac{\eta}{2E} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta}{2E} \right] [6E]$$

$$\left[\frac{\eta}{2E} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 8E\varepsilon + 3\eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

$$\left[\frac{\eta}{2E} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 8E\varepsilon + 0$$

$$\left[\frac{\eta}{2E} \right] \frac{d\sigma}{dt} = 8E\varepsilon - \sigma$$

$$- \int \frac{d(8E\varepsilon - \sigma)}{(8E\varepsilon - \sigma)} = \frac{2E}{\eta} \int dt$$

$$- \ln(8E\varepsilon - \sigma) + c_1 = \frac{2E}{\eta} t + c_2$$

$$\ln(8E\varepsilon - \sigma) = - \frac{2E}{\eta} t - C$$

$$8E\varepsilon - \sigma = e^{-\frac{2E}{\eta} t - c}$$

$$\sigma = 8E\varepsilon - \sigma_0 e^{-\frac{2E}{\eta} t}$$

Perhitungan *Creep behaviour* :

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma \\ & = 2E_3 \varepsilon + 2E_1 \varepsilon + \frac{E_1 \varepsilon \eta_2}{E_4 \eta_1} (E_3 + E_1) + \frac{E_4 \varepsilon \eta_1}{E_2 \eta_2} (E_3 + E_1) \\ & + \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \left[E_1 + 2E_2 + \frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} + E_4 + \frac{E_4 \eta_1}{\eta_2} \right] \end{aligned}$$

Jika dianggap $E_1=E_2=E_3=E_4=E$, dan $\eta_1 = \eta_2 = \eta$ maka persamaan di atas menjadi :

$$\left[\frac{\eta}{2E} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta}{2E} \right] [E + 2E + E + E + E]$$

$$\left[\frac{\eta}{2E} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta}{2E} \right] [6E]$$

$$\left[\frac{\eta}{2E} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 8E\varepsilon + 3\eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

Dengan syarat batas $\frac{d\sigma}{dt} = 0$ maka diperoleh :

$$\begin{aligned} 0 + \sigma & = 8E\varepsilon + 3\eta \frac{d\varepsilon}{dt} \\ \sigma & = 8E\varepsilon + 3\eta \frac{d\varepsilon}{dt} \\ \frac{d\varepsilon}{dt} & = \frac{\sigma - 8E\varepsilon}{3\eta} = \frac{1}{3\eta} \sigma \left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon \right) \\ \frac{d\varepsilon}{\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon \right)} & = \frac{1}{3\eta} \sigma dt \\ -\frac{\sigma}{8E} \int \frac{d\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon \right)}{\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon \right)} & = \frac{1}{3\eta} \sigma \int dt \\ \frac{\sigma}{3\eta} t & = -\frac{\sigma}{8E} \ln\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon \right) \\ \frac{\sigma}{8E} \ln\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon \right) & = -\frac{\sigma}{3\eta} t \\ \ln\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon \right) & = -\frac{8E}{3\eta} t \\ \varepsilon & = \frac{\sigma}{8E} \left(1 - e^{-\frac{8E}{3\eta} t} \right) \end{aligned}$$

IV.2 Uji Eksperimen Alat Instron

Penelitian selanjutnya adalah menguji kekuatan benang viz 100% wool yang memiliki nomer benang 36 tex. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Uji tarik Instron. Adapaun data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel IV.1. *Stress Relaxation Calculation*

No	Time (10^3 Second)	stress (cN/text)
1	0	6
2	0.25	5.2
3	1	5.1
4	1.5	5
5	3.5	4.8

Kemudian untuk Uji *creep Behavior* sebagai berikut:

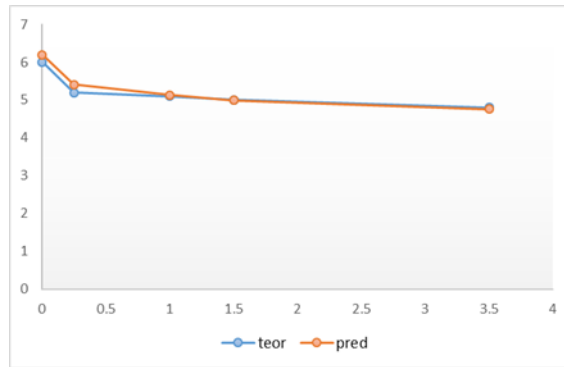
Table IV.2. *Creep Behaviour Calculation*

No	Time (10^3 second)	Strain (%)
1	0	0
2	0.25	10
3	1	12
4	1.5	12.2
5	3.5	13

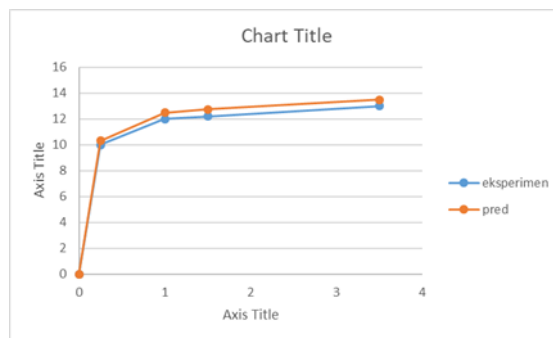
Data di atas kemudian di validasi dengan metode statistik.

IV.3 Validasi Statistik

Penggunaan Uji Statistik dengan metode (McCusker, 1975) Curve Fitting ini bertujuan untuk melihat hubungan linieritas dari dua perhitungan yang dilakukan. Perhitungan pertama adalah dengan metode analitik yang menghasilkan suatu persamaan stress relaxation dan creep behaviour. Perhitungan kedua adalah dengan uji eksperimental dengan menggunakan mesin instron (Yoresta, 2015). Hasil uji tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar IV.3. Stress Relaxation vs Time



Gambar IV.4. Creep Behaviour vs Time

Setelah dilakukan proses fitting data menghasilkan nilai $R^2=0.99$ untuk kurva stress relaxation versus time. Setelah dilakukan proses fitting data menghasilkan nilai $R^2=0.98$ untuk kurva creep behaviour versus time.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa cara pemodelan sederhana menggunakan metode fitting data dapat digunakan untuk memprediksi *stress relaxation* dan *creep behavior* benang viz 100% wool yang memiliki nomor benang 36 tex sebagai material viskoelastis. Adapun pemodelan yang didapat untuk *stress behavior* ada pada persamaan $\sigma = 8E\varepsilon - \sigma_0 e^{-\frac{2E}{\eta}t}$ dan pemodelan untuk *creep behavior* didapat pada persamaan $\varepsilon = \frac{\sigma}{8E} (1 - e^{-\frac{8E}{3\eta}t})$.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, X. (2011). Modelling and simulation of fibrous yarn materials. In *Computer Technology for Textiles and Apparel*. <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-729-7.50005-2>
- Fitrihana, N. (2007). Teknik Eksplorasi Zat Pewarna Alam Dari Tanaman Di Sekitar Kita Untuk Pencelupan Bahan Tekstil. *Jurnal Online*.
- Galih Vidia Putra, V., Wijayono, A., . I., Martina, T., & Rosyidan, C. (2019). SUATU STUDI PEMODELAN VISKOELASTIK MATERIAL BENANG VIZ 100% WOOL 36 TEX MENGGUNAKAN PENDEKATAN FISIKA. *Wahana Fisika*. <https://doi.org/10.17509/wafi.v4i1.15500>
- Galih Vidia Putra, V., Wijayono, A., Irwan, I., Irwan, T., & Rosyidan, C. (2019). Pemodelan Pengaruh Nomor dan Kecepatan Pengantar Benang Terhadap Kekuatan Benang Ring Spinning Menggunakan Mekanika Klasik dan Regresi Multivarian Nonlinear. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*. <https://doi.org/10.20527/flux.v16i2.5989>
- McCusker, R. W. (1975). Curve fitting. *Instruments and Control Systems*. <https://doi.org/10.1017/s0020269x00001973>
- Pewarnaan Bahan Tekstil dengan Menggunakan Ekstrak Kayu Nangka dan Teknik Pewarnaannya untuk Mendapatkan Hasil yang Optimal. (2014). *Pewarnaan Bahan Tekstil Dengan Menggunakan Ekstrak Kayu Nangka Dan Teknik Pewarnaannya Untuk Mendapatkan Hasil Yang Optimal*. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.4952>
- Rini, & Khayati, E. Z. (2016). Persepsi dan Perilaku Siswa Tentang Kebersihan Laboratorium Busana Di SMK Negeri 1 Ngawen Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Teknik Busana*.
- Rosyidan, C., Maulani, M., Samura, L., & Putra, V. G. V. (2019). Modification of the Maxwell model for calculation of stress relaxation and creep behavior for polyester yarns. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/6/066018>

- Sunarto. (2012). Keselamatan dan Kesehatan Kerja Laboratorium Kimia. *Pelatihan Pengelolaan Laboratorium Kimia Untuk Guru Guru Kimia Kabupaten Sleman*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Yoresta, F. S. (2015). Perilaku elastik beban-defleksi balok kayu laminasi pada pengujian lentur. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*.

LAMPIRAN

Lampiran B

PERTANGGUNGJAWABAN PENGGUNAAN DANA PENELITIAN

Rincian Dana penelitian sebagai berikut:

- Kontribusi Fakultas : Rp. 17.000.000,-
- Kontribusi Lembaga Penelitian : -
- Kontribusi Universitas : -
- Kontribusi Badan-Badan Lain : -
- Total Dana : Rp. 17.000.000,-

Rincian Pengeluaran Biaya Penelitian Tahap 1 :

70% x Rp. 17.000.000 = Rp. 11.900.000

No	Uraian	Dana	
		Pemasukan (Rp)	Pengeluaran (Rp)
1	Dana dari FTKE	17.000.000	
2	Tenaga Ahli		3.500.000
3	Biaya Bahan Habis Benang Polyester Pembuatan alat uji Tarik Arduino Kabel Sensor jarak Beban		1.750.000
4	Sewa Peralatan Uji Textile Instron		3.000.000
5	Trnasport Lokal Tim 3 orang		1.500.000
6	Luaran HKI Bentuk Ciptaan Poster Bentuk Ciptaan Laporan		450.000
7	Publikasi Jurnal		1.700.000
	TOTAL		11.900.000

Lampiran B

FORMULIR PENGAJUAN HAK CIPTA

1. Bentuk Ciptaan Laporan Penelitian

SURAT PENGALIHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. N a m a : Dra.Mustamina Maulani, MT
No KTP : 3276035306670002
Alamat : Taman Sari Puri Bali Blok Gilimanuk A3. No.1 , Jl.Mawar Depok
2. N a m a : Dra.Lisa Samura, M.T
No KTP : 3175056004670004
Alamat : Jl. Bulak Sari no.37 RT 09/09 Kalisari, Jakarta 13790
3. N a m a : Cahaya Rosyidan, S.Si, M.Sc
No KTP : 3374102301860003
Alamat : Jl. Mutiara II/36 , RT 004/003, Tembalang , Semarang
4. N a m a : Ir.Bayu Satiyawira, M.Si
No KTP : 3275020708640008
Alamat : Jl.Bintara Kencana Blok CC 1/10, Bintara

Alamat rumah : Taman Sari Puri Bali Blok Gilimanuk A3. No.1 , Jl.Mawar Depok
Alamat surat : Universitas Trisakti Program Studi Teknik Perminyakan
Gedung D FTKE, Kampus A, Jl Kyai Tapa no 1, Jakarta Barat
No HP : 08159322829

Adalah **Pihak I** selaku pencipta, dengan ini menyerahkan karya ciptaan saya kepada :

N a m a : Universitas Trisakti.
Alamat : Sentra HKI Universitas Trisakti, Lembaga Penelitian
Gedung M lantai 11 Jl.Kyai Tapa No. 1, Grogol, Jakarta Barat 11440

Adalah **Pihak II** selaku Pemegang Hak Cipta berupa ---- laporan penelitian—Perhitungan Creep Behaviour dan Stress Relaxation dengan Metoda Analitik dan Divalidasi dengan Metoda Statistik Fitting Data - - untuk didaftarkan di Direktorat Hak Cipta dan Desain Industri, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.

Jakarta, 27 Juli 2020

Pemegang Hak Cipta
Direktur Lembaga Penelitian
Universitas Trisakti

(Dr. Astri Rinanti, MT)
(NIK: 2234/ Usakti)

Pencipta



1. (Dra. Mustamina Maulani, M.T)
(NIK : 3441/ Usakti)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lisa Samura'.

2. (Dra. Lisa Samura, M.T)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cahaya Rosyidan'.

3. (Cahaya Rosyidan, S.Si, M.Sc)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bayu Satiyawira'.

4. (Ir. Bayu Satiyawira, M.T)

2. Bentuk Ciptaan Poster

SURAT PENGALIHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. N a m a : Dra.Mustamina Maulani, MT
No KTP : 3276035306670002
Alamat : Taman Sari Puri Bali Blok Gilimanuk A3. No.1 , Jl.Mawar Depok
2. N a m a : Dra.Lisa Samura, M.T
No KTP : 3175056004670004
Alamat : Jl. Bulak Sari no.37 RT 09/09 Kalisari, Jakarta 13790
3. N a m a : Cahaya Rosyidan, S.Si, M.Sc
No KTP : 3374102301860003
Alamat : Jl. Mutiara II/36 , RT 004/003, Tembalang , Semarang
4. N a m a : Ir.Bayu Satiyawira, M.Si
No KTP : 3275020708640008
Alamat : Jl.Bintara Kencana Blok CC 1/10, Bintara

Alamat rumah : Taman Sari Puri Bali Blok Gilimanuk A3. No.1 , Jl.Mawar Depok
Alamat surat : Universitas Trisakti Program Studi Teknik Perminyakan
Gedung D FTKE, Kampus A, Jl Kyai Tapa no 1, Jakarta Barat
No HP : 08159322829

Adalah **Pihak I** selaku pencipta, dengan ini menyerahkan karya ciptaan saya kepada :

N a m a : Universitas Trisakti.
Alamat : Sentra HKI Universitas Trisakti, Lembaga Penelitian
Gedung M lantai 11, Jl.Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta Barat

Adalah **Pihak II** selaku Pemegang Hak Cipta berupa ---- karya tulis lainnya—Poster Perhitungan Creep Behaviour dan Stresss Relaxation dengan Metoda Analitik dan Divalidasi dengan Metoda Statistik Fitting Data -- untuk didaftarkan di Direktorat Hak Cipta dan Desain Industri, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.

Demikianlah surat pengalihan hak ini kami buat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 27 Juli 2020

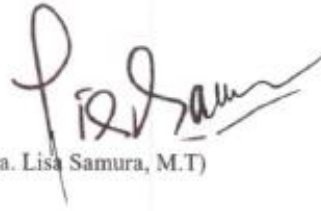
Pemegang Hak Cipta
Direktur Lembaga Penelitian
Universitas Trisakti

(Dr. Astri Rinanti, MT)
(NIK: 2234/ Usakti)

Pencipta



1. (Dra.Mustamina Maulani, M.T)
(NIK : 3441/ Usakti)



2. (Dra. Lisa Samura, M.T)



3. (Cahaya Rosyidan,S.Si, M.Sc)



4.(Ir.Bayu Satiyawira, M.T)

Lampiran C

LUARAN PAPER YANG AKAN DISUBMIT

Perhitungan Stress Relaxation and Creep Behavior Secara Analitik dan Divalidasi dengan Metode Statistik

Mustamina Maulani¹, Cahaya Rosyidan^{1,2}, Lisa Samura¹, Bayu Satiyawira¹ dan Valentinus Galih Vidya Putra³

¹Petroleum Engineering Department, Trisakti University, Jakarta 11440, Indonesia

³Sekolah Tinggi Teknik Tekstile, Bandung, Jawa Barat

²corresponding author : cahayarosyidan@trisakti.ac.id

Abstract

Peranan Ilmu Fisika dan Matematika dalam perkembangan ilmu pengetahuan sampai sekarang tidak terbantahkan.. Bahkan dalam bidang textile sekalipun tidak bisa terlepas dari bidang keilmuan ini. Pada penelitian ini akan memodifikasi persamaan Maxwell dengan model empat spring dan dua dasphot dan divalidasi secara statistik. Penelitian ini menghasilkan persamaan Stress Relaxation $\sigma = 8E\varepsilon - \sigma_0 e^{-\frac{2E}{\tau}t}$ dan Creep Behaviour $\varepsilon = \frac{\sigma}{8E} (1 - e^{-\frac{8E}{3\tau}t})$. Hasil analitik ini kemudian diuji secara eksperimen dan divalidasi dengan metode statistik menghasilkan nilai regresi sebesar ($R^2 = 0.99$ and 0.98).

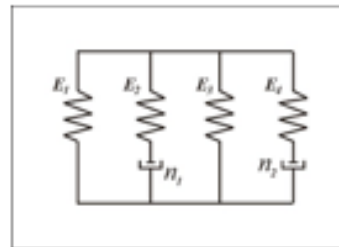
Keywords: Viscoelastic, Data Fitting, Maxwell model

A. PENDAHULUAN

Peranan Ilmu Fisika dan Matematika dalam perkembangan ilmu pengetahuan sampai sekarang tidak terbantahkan. Bahkan dalam bidang textile sekalipun tidak bisa terlepas dari bidang keilmuan ini. Dalam ranah klasik pemodelan merupakan salah satu bentuk solusi yang paling bisa di modifikasi sedemikian rupa sehingga hasilnya akan mempunyai kemiripan dengan eksperimen. Pada penelitian ini akan memodifikasi persamaan Maxwell dengan model empat spring dan dua dasphot. Pemilihan spring atau pegas dan juga dasphot merupakan salah perwakilan sifat dalam dunia Textile. Spring atau pegas merupakan sifat elastisitas dan dasphot merupakan sifat viskositas suatu bahan. Material viscoelastis menurut (Chen, 2009) dalam bukunya diibaratkan suatu rangkaian yang terdiri dari pegas sebagai material elastis dan daspot sebagai material viscous. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan

untuk mendapatkan prediksi pemodelan *stress relaxation* dan *creep behavior* benang viz .

B. PEMODELAN MAXWELL EMPAT SPRING DAN DUA DASPOT



Gambar1. Model Empat Spring dan Dua Dasphot (Galih Vidia Putra, Wijayono, Irwan, Irwan, & Rosyidan, 2019)

$$\sigma_{\varepsilon 1} = E_1 \varepsilon_1; \sigma_{\varepsilon 2} = E_2 \varepsilon_2; \sigma_{\varepsilon 3} = E_3 \varepsilon_3; \sigma_{\varepsilon 4} = E_4 \varepsilon_4$$

$$\sigma_{\eta 1} = \eta_1 \frac{d\varepsilon_1}{dt}; \sigma_{\eta 2} = \eta_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt}$$

Kerjakan yang seri dulu :

1) $\sigma_{\epsilon 2} = \sigma_{\eta 1} = \sigma$ Karena rangkaian seri, maka stressnya terdistribusi secara merata dalam setiap komponen (Rosyidan, Maulani, Samura, & Putra, 2019). Oleh karena itu :

$$\sum \epsilon = 0$$

$$\epsilon = \epsilon_2 + \frac{\sigma_{\eta 1}}{\eta_1} \frac{d\epsilon_1}{dt}$$

$$\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{1}{E_2} \frac{d\sigma_{\epsilon 1}}{dt} + \frac{\sigma_{\eta 1}}{\eta_1}$$

$$\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{1}{E_2} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta_1}$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = E_2 \left[\frac{d\epsilon}{dt} - \frac{\sigma}{\eta_1} \right]$$

2) $\sigma_{\epsilon 4} = \sigma_{\eta 2} = \sigma$ Karena rangkaian seri, maka stressnya terdistribusi secara merata dalam setiap komponen (Galih Vidia Putra, Wijayono, ., Martina, & Rosyidan, 2019). Oleh karena itu :

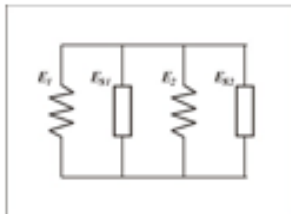
$$\sum \epsilon = 0$$

$$\epsilon = \epsilon_4 + \frac{\sigma_{\eta 2}}{\eta_2} \frac{d\epsilon_2}{dt}$$

$$\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{1}{E_4} \frac{d\sigma_{\epsilon 4}}{dt} + \frac{\sigma_{\eta 2}}{\eta_2}$$

$$\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{1}{E_4} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta_2}$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = E_4 \left[\frac{d\epsilon}{dt} - \frac{\sigma}{\eta_2} \right]$$



Gambar2. Model Empat Spring dan Dua Dashpot

3) Setelah mengerjakan rangkaian seri, mari lanjut ke rangkaian paralel:

$$\epsilon_1 = \epsilon_{s1} = \epsilon_3 = \epsilon_{s2} = \epsilon, \text{ maka}$$

$$\sigma = \sigma_{\epsilon 1} + \sigma_{s1} + \sigma_3 + \sigma_{s2}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= E_1 \epsilon_1 + \frac{d\sigma_{s1}}{dt} + E_3 \epsilon_3 + \frac{d\sigma_{s2}}{dt} \\ \frac{d\sigma}{dt} &= E_1 \frac{d\epsilon_1}{dt} + E_2 \left[\frac{d\epsilon_{s1}}{dt} - \frac{\sigma_{\eta 1}}{\eta_1} \right] \\ &\quad + E_2 \frac{d\epsilon_2}{dt} \\ &\quad + E_4 \left[\frac{d\epsilon_{s2}}{dt} - \frac{\sigma_{\eta 2}}{\eta_2} \right] \\ \frac{d\sigma}{dt} &= E_1 \frac{d\epsilon_1}{dt} + E_2 \left[\frac{d\epsilon_{s1}}{dt} \right. \\ &\quad \left. - \frac{\sigma - \sigma_{\epsilon 1} - \sigma_{\epsilon 3} - \sigma_{\eta 2}}{\eta_1} \right] \\ &\quad + E_2 \frac{d\epsilon_2}{dt} \\ &\quad + E_4 \left[\frac{d\epsilon_{s2}}{dt} \right. \\ &\quad \left. - \frac{\sigma - \sigma_{\epsilon 1} - \sigma_{\epsilon 3} - \sigma_{\eta 1}}{\eta_2} \right] \\ \frac{d\sigma}{dt} &= E_1 \frac{d\epsilon_1}{dt} + E_2 \frac{d\epsilon_{s1}}{dt} - E_2 \frac{\sigma}{\eta_1} \\ &\quad + E_2 \frac{\sigma_{\epsilon 1}}{\eta_1} + E_2 \frac{\sigma_{\epsilon 3}}{\eta_1} \\ &\quad + E_2 \frac{\sigma_{\eta 2}}{\eta_1} + E_2 \frac{d\epsilon_2}{dt} \\ &\quad + E_4 \frac{d\epsilon_{s2}}{dt} - E_4 \frac{\sigma}{\eta_2} \\ &\quad + E_4 \frac{\sigma_{\epsilon 1}}{\eta_2} + E_4 \frac{\sigma_{\epsilon 3}}{\eta_2} \\ &\quad + E_4 \frac{\sigma_{\eta 1}}{\eta_2} \\ \frac{d\sigma}{dt} &= E_1 \frac{d\epsilon}{dt} + E_2 \frac{d\epsilon}{dt} - E_2 \frac{\sigma}{\eta_1} + \frac{E_2 E_1 \epsilon}{\eta_1} \\ &\quad + \frac{E_2 E_3 \epsilon}{\eta_1} + \frac{E_2 \eta_2 d\epsilon}{\eta_1 dt} \\ &\quad + E_2 \frac{d\epsilon}{dt} + E_4 \frac{d\epsilon}{dt} \\ &\quad - E_4 \frac{\sigma}{\eta_2} + \frac{E_4 E_1 \epsilon}{\eta_2} \\ &\quad + \frac{E_4 E_3 \epsilon}{\eta_2} + \frac{E_4 \eta_1 d\epsilon}{\eta_2 dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{d\sigma}{dt} - E_2 \frac{\sigma}{\eta_1} - E_4 \frac{\sigma}{\eta_2} &= E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \\
&+ \frac{E_2 E_1 \varepsilon}{\eta_1} + \frac{E_2 E_3 \varepsilon}{\eta_1} \\
&+ \frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \\
&+ E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_4 E_1 \varepsilon}{\eta_2} \\
&+ \frac{E_4 E_3 \varepsilon}{\eta_2} + \frac{E_4 \eta_1}{\eta_2} \frac{d\varepsilon}{dt} \\
\frac{d\sigma}{dt} + \sigma \left(\frac{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1}{\eta_1 \eta_2} \right) &= E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \\
&+ \frac{E_2 E_1 \varepsilon}{\eta_1} + \frac{E_2 E_3 \varepsilon}{\eta_1} \\
&+ \frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} \frac{d\varepsilon}{dt} + E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \\
&+ E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_4 E_1 \varepsilon}{\eta_2} \\
&+ \frac{E_4 E_3 \varepsilon}{\eta_2} + \frac{E_4 \eta_1}{\eta_2} \frac{d\varepsilon}{dt}
\end{aligned}$$

Kedua ruas kanan dan kiri kita kalikan

$\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right]$, maka menjadi

$$\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma =$$

$$E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] +$$

$$E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] +$$

$$\frac{E_2 E_1 \varepsilon}{\eta_1} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] +$$

$$\frac{E_2 E_3 \varepsilon}{\eta_1} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] +$$

$$\frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] +$$

$$E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] +$$

$$E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] +$$

$$\frac{E_4 E_1 \varepsilon}{\eta_2} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] +$$

$$\begin{aligned}
&\frac{E_4 E_3 \varepsilon}{\eta_2} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] + \\
&\frac{E_4 \eta_1}{\eta_2} \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \\
&\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma \\
&= 2E_3 \varepsilon + 2E_1 \varepsilon + \frac{E_1 \varepsilon \eta_2}{E_4 \eta_1} (E_3 + E_1) \\
&+ \frac{E_4 \varepsilon \eta_1}{E_2 \eta_2} (E_3 \\
&+ E_1) + E_1 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \\
&+ E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \\
&+ \frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \\
&+ E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \\
&+ E_4 \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \\
&+ \frac{E_4 \eta_1}{\eta_2} \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right]
\end{aligned}$$

$$\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma$$

$$= 2E_3 \varepsilon + 2E_1 \varepsilon + \frac{E_1 \varepsilon \eta_2}{E_4 \eta_1} (E_3 + E_1)$$

$$+ \frac{E_4 \varepsilon \eta_1}{E_2 \eta_2} (E_3 + E_1)$$

$$+ \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \left[E_1 + 2E_2 \right.$$

$$\left. + \frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} + E_4 + \frac{E_4 \eta_1}{\eta_2} \right]$$

Stress relaxation :

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = 0$$

$$\left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma$$

$$= 2E_3 \varepsilon + 2E_1 \varepsilon$$

$$+ \frac{E_1 \varepsilon \eta_2}{E_4 \eta_1} (E_3 + E_1)$$

$$+ \frac{E_4 \varepsilon \eta_1}{E_2 \eta_2} (E_3 + E_1)$$

$$+ 0$$

Jika dianggap $E_1=E_2=E_3=E_4=E$, dan $\eta_1=\eta_2=\eta_3=\eta_4=\eta$ maka persamaan di atas menjadi (Putra, Rosyid, & Maruto, 2016):

$$\left(\frac{\eta}{2E}\right) \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \left(\frac{\eta}{2E}\right) [E + 2E + E + E + E]$$

$$\left(\frac{\eta}{2E}\right) \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \left(\frac{\eta}{2E}\right) [6E]$$

$$\left(\frac{\eta}{2E}\right) \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 8E\varepsilon + 3\eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

$$\left(\frac{\eta}{2E}\right) \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 8E\varepsilon + 0$$

$$\left(\frac{\eta}{2E}\right) \frac{d\sigma}{dt} = 8E\varepsilon - \sigma$$

$$-\int \frac{d(8E\varepsilon - \sigma)}{(8E\varepsilon - \sigma)} = \frac{2E}{\eta} \int dt$$

$$-\ln(8E\varepsilon - \sigma) + c_1 = \frac{2E}{\eta} t + c_2$$

$$\ln(8E\varepsilon - \sigma) = -\frac{2E}{\eta} t - C$$

$$8E\varepsilon - \sigma = e^{-\frac{2E}{\eta} t - C}$$

$$\sigma = 8E\varepsilon - \sigma_0 e^{-\frac{2E}{\eta} t} \quad (1)$$

Creep behaviour :

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] \frac{d\sigma}{dt} + \sigma \\ & = 2E_3\varepsilon + 2E_1\varepsilon + \frac{E_1 \varepsilon \eta_2}{E_4 \eta_1} (E_3 + E_1) \\ & + \frac{E_4 \varepsilon \eta_1}{E_2 \eta_2} (E_3 + E_1) \\ & + \frac{d\varepsilon}{dt} \left[\frac{\eta_1 \eta_2}{E_2 \eta_2 + E_4 \eta_1} \right] [E_1 + 2E_2 \\ & + \frac{E_2 \eta_2}{\eta_1} + E_4 + \frac{E_4 \eta_1}{\eta_2}] \end{aligned}$$

Jika dianggap $E_1=E_2=E_3=E_4=E$, dan $\eta_1=\eta_2=\eta_3=\eta_4=\eta$ maka persamaan di atas menjadi :

$$\left(\frac{\eta}{2E}\right) \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \left(\frac{\eta}{2E}\right) [E + 2E + E + E + E]$$

$$\left(\frac{\eta}{2E}\right) \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + 2E\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \left(\frac{\eta}{2E}\right) [6E]$$

$$\left(\frac{\eta}{2E}\right) \frac{d\sigma}{dt} + \sigma = 8E\varepsilon + 3\eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

Syarat batas $\frac{d\sigma}{dt} = 0$

$$0 + \sigma = 8E\varepsilon + 3\eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

$$\sigma = 8E\varepsilon + 3\eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma - 8E\varepsilon}{3\eta} = \frac{1}{3\eta} \sigma \left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon\right)$$

$$\frac{d\varepsilon}{\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon\right)} = \frac{1}{3\eta} \sigma dt$$

$$-\frac{\sigma}{8E} \int \frac{d\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon\right)}{\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon\right)} = \frac{1}{3\eta} \sigma \int dt$$

$$\frac{\sigma}{3\eta} t = -\frac{\sigma}{8E} \ln\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon\right)$$

$$\frac{\sigma}{8E} \ln\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon\right) = -\frac{\sigma}{3\eta} t$$

$$\ln\left(1 - \frac{8E}{\sigma} \varepsilon\right) = -\frac{8E}{3\eta} t$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{8E} \left(1 - e^{-\frac{8E}{3\eta} t}\right) \quad (2)$$

Penerapadan pemodelan serta prediksi kajian sifat viscoelastic pada bidang tekstil adalah suatu untuk mengetahui sifat material viscoelastic pada serat, benang ataupun kain sebagai contoh pada benang viz 100% wool yang memiliki nomer benang 36 tex (Galih Vidia Putra, Wijayono, ., et al., 2019). Hasil data untuk proses stress relaxation (strain konstan) dan

creep behaviour (stress konstan) adalah sebagai berikut:

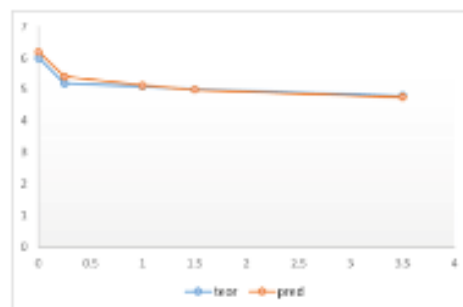
Table1. Stress Relaxation Calculation (Rosyidan et al., 2019)

No	Time (10^3 Second)	stress (cN/text)
1	0	6
2	0.25	5.2
3	1	5.1
4	1.5	5
5	3.5	4.8

Table2. Creep Behaviour Calculation

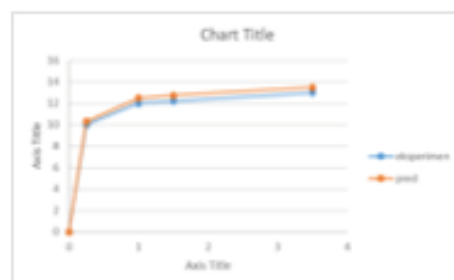
No	Time (10^3 second)	Strain (%)
1	0	0
2	0.25	10
3	1	12
4	1.5	12.2
5	3.5	13

Hasil persamaan (1) dan (2) dapat disajikan dalam pada gambar 3 dan 4 :



Gambar3. Stress Relaxation vs Time

Setelah dilakukan proses fitting data menghasilkan nilai $R^2=0.99$ untuk kurva stress relaxation versus time.



Gambar 4. Creep Behaviour vs Time

Setelah dilakukan proses fitting data menghasilkan nilai $R^2=0.98$ untuk kurva creep behaviour versus time.

1. DISKUSI

Secara umum, hasil prediksi baik *stress relaxation* dan *creep behavior* persamaannya setelah diuji korelasinya keduanya memiliki nilai yang mendekati. Secara umum, *stress relaxation* dan *creep behavior* dapat diprediksi menggunakan persamaan (1) dan (2).

Dari persamaan (1) dan (2) masing-masing didapat nilai modulus elastisitas (E) dan viscous (η) dengan nilai yang tidak sama persis antara kondisi *stress relaxation* dan *creep behavior*. Setelah ditelaah, penulis menduga hal ini disebabkan oleh pembatasan nilai E yang dianggap $E_1=E_2=E_3=E_4=E$, bisa jadi kondisi yang sebenarnya pada benang tidak seperti itu. Namun untuk memprediksi dan memodelkan *stress relaxation* dan *creep behavior* persamaan (1) dan (2) dapat digunakan.

2. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa cara pemodelan sederhana menggunakan metode fitting data dapat digunakan untuk memprediksi *stress relaxation* dan *creep behavior* benang *viz* 100% wool yang memiliki nomor benang 36 tex sebagai material viskoelastis. Adapun pemodelan yang didapat untuk *stress behavior* ada pada persamaan (1) dan pemodelan untuk *creep behavior* didapat pada persamaan (2).

UCAPAN TERIMA KASIH

Laboratorium Mekatronika STTT
(SEKOLAH TINGGI TEKNIK TEKSTIL)

REFERENSI

Chen, X. (2009). Modelling and predicting textile behaviour. In *Modelling and predicting textile behaviour*. <https://doi.org/10.1533/9781845697211>

Galih Vidia Putra, V., Wijayono, A., I., Martina, T., & Rosyidan, C. (2019). SUATU STUDI PEMODELAN

VISKOELASTIK MATERIAL
BENANG VIZ 100% WOOL 36 TEX
MENGGUNAKAN PENDEKATAN
FISIKA. *Wahana Fisika*.
<https://doi.org/10.17509/wafi.v4i1.15500>

Galih Vidia Putra, V., Wijayono, A., Irwan, I., Irwan, T., & Rosyidan, C. (2019). Pemodelan Pengaruh Nomor dan Kecepatan Pengantar Benang Terhadap Kekuatan Benang Ring Spinning Menggunakan Mekanika Klasik dan Regresi Multivarian Nonlinear. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*.
<https://doi.org/10.20527/flux.v16i2.5989>

Putra, V. G. V., Rosyid, M. F., & Maruto, G. (2016). A simulation model of twist influenced by fibre movement inside yarn on solenoid coordinate. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*.

Rosyidan, C., Maulani, M., Samura, L., & Putra, V. G. V. (2019). Modification of the Maxwell model for calculation of stress relaxation and creep behavior for polyester yarns. *Journal of Physics: Conference Series*.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/6/066018>