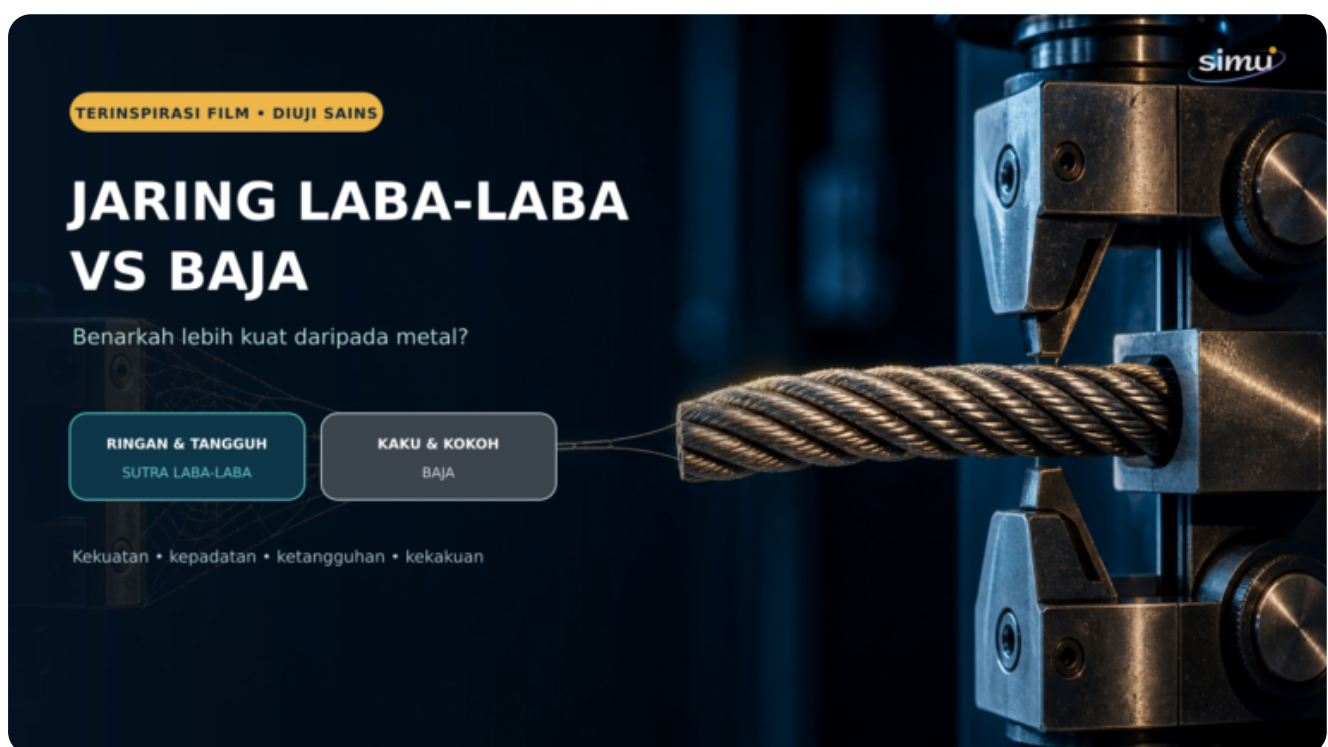


Benarkah Jaring Laba-Laba Lebih Kuat daripada Metal? Sains di Balik Spider-Man

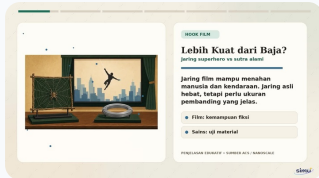
3 Agustus 2026 • Artikel

Bandingkan sutra laba-laba dan baja melalui kekuatan tarik, massa jenis, kekakuan, regangan, serta ketangguhan—dan pisahkan fakta sains dari jaring fiksi Spider-Man.



Jaring Spider-Man dalam film mampu menghentikan manusia, menahan kendaraan, dan mengayunkan tubuh di antara gedung. Kemampuan itu jelas fiksi. Namun, gagasan dasarnya tidak muncul dari ruang kosong: sutra laba-laba memang termasuk material alami dengan kombinasi kekuatan, kelenturan, dan ketangguhan yang luar biasa.

Lalu, benarkah jaring laba-laba lebih kuat daripada metal? Jawaban ilmiahnya bukan sekadar “ya” atau “tidak”. Kita harus menentukan jenis sutra, jenis metal, dan arti kata *kuat* yang sedang dibandingkan.



Video di artikel ini

[Tonton di versi web artikel →](#)

Video pengantar yang terinspirasi kemampuan jaring dalam film superhero. Perbandingan ilmiahnya dijelaskan di bawah.

Jaring bukan hanya satu jenis benang

Laba-laba menghasilkan beberapa jenis sutra untuk tugas berbeda. Ada sutra untuk kerangka jaring, spiral penangkap, pembungkus mangsa, kantung telur, dan tali pengaman. Karena komposisi serta fungsinya berbeda, sifat mekaniknya juga tidak sama.

Perbandingan dengan baja biasanya memakai **dragline silk** atau sutra *major ampullate*. Laba-laba menggunakan benang ini sebagai garis pengaman dan bagian struktural jaring. Dragline silk dipilih karena kuat menahan tarikan sekaligus mampu meregang sebelum putus.

“Kuat” mempunyai beberapa arti

Dalam ilmu material, setidaknya ada empat ukuran yang sering tercampur:

- **Kekuatan tarik:** tegangan terbesar yang dapat ditahan sebelum material putus.
- **Kekuatan spesifik:** kekuatan tarik dibandingkan dengan massa jenis. Ini penting untuk material yang harus kuat tetapi ringan.
- **Ketangguhan:** energi yang dapat diserap sebelum material patah. Material tangguh menggabungkan kekuatan dan kemampuan meregang.
- **Kekakuan:** seberapa sulit material berubah bentuk. Kekakuan tinggi tidak otomatis berarti lebih tangguh.

Bayangkan dua bahan ditarik. Bahan pertama sulit memanjang, tetapi patah setelah sedikit berubah bentuk. Bahan kedua dapat meregang jauh sambil tetap membawa beban. Keduanya bisa disebut kuat, tetapi perilakunya sangat berbeda.

SUTRA LABA-LABA VS BAJA



Nilai representatif dragline silk dan baja berkekuatan tinggi

	DRAGLINE SILK	BAJA KUAT
KEKUATAN TARIK Sekelas; baja contoh ini lebih tinggi	1,1 GPa	1,5 GPa
MASSA JENIS Sutra sekitar 6x lebih ringan	1,3 g/cm ³	7,8 g/cm ³
KEKAKUAN Baja sekitar 20x lebih kaku	10 GPa	200 GPa
REGANGAN PUTUS Sutra meregang sekitar 34x	27%	0,8%
KETANGGUHAN Sutra menyerap sekitar 27x energi	160 MJ/m ³	6 MJ/m ³

Sumber nilai: Gosline dkk., Journal of Experimental Biology (1999). Nilai bukan universal untuk semua sutra dan paduan metal.

Nilai representatif dragline silk dan baja berkekuatan tinggi dari tabel perbandingan Gosline dkk. (1999). Sifat nyata berubah menurut spesies, cara pemintalan, jenis baja, dan kondisi pengujian.

Perbandingan dragline silk dan baja

Dalam perbandingan representatif yang diterbitkan Gosline dan rekan-rekannya, dragline silk mempunyai kekuatan tarik sekitar **1,1 gigapascal (GPa)**, sedangkan baja berkekuatan tinggi sekitar **1,5 GPa**. Jadi, pada ukuran penampang yang sama, contoh baja tersebut masih unggul dalam kekuatan tarik absolut.

Namun, massa jenis sutra hanya sekitar **1,3 g/cm³**, sedangkan baja sekitar **7,8 g/cm³**. Jika kekuatan dibagi dengan massa jenis, nilai representatif sutra sekitar **4,4 kali** lebih tinggi. Inilah alasan pernyataan “lebih kuat daripada baja berdasarkan beratnya” dapat masuk akal.

Sifat	Dragline silk	Baja berkekuatan tinggi	Maknanya
Kekuatan tarik	1,1 GPa	1,5 GPa	Sekelas, tetapi baja pada contoh ini lebih tinggi.
Massa jenis	1,3 g/cm ³	7,8 g/cm ³	Sutra sekitar enam kali lebih ringan per volume.
Modulus Young	10 GPa	200 GPa	Baja sekitar 20 kali lebih kaku.
Regangan saat putus	27%	0,8%	Sutra dapat meregang jauh lebih banyak.
Ketangguhan	160 MJ/m ³	6 MJ/m ³	Sutra menyerap jauh lebih banyak energi sebelum putus.

Angka tersebut bukan nilai untuk semua jaring dan semua baja. “Metal” adalah kelompok material yang luas. Aluminium, titanium, baja karbon, baja tahan karat, dan berbagai paduan mempunyai sifat berbeda. Bahkan sutra dari spesies yang sama dapat berubah karena kelembapan, kecepatan pemintalan, diameter benang, dan cara pengujian.

Mengapa sutra laba-laba sangat tangguh?

Dragline silk tersusun dari protein. Pada skala molekul, bagian-bagian yang teratur membantu menahan beban, sedangkan bagian yang lebih tidak teratur memungkinkan serat meregang dan menyerap energi. Kombinasi ini membuat benang tidak hanya kuat, tetapi juga tidak langsung patah ketika menerima hentakan.

Jaring juga bekerja sebagai struktur, bukan kumpulan benang yang berdiri sendiri. Geometri jaring membagi gaya ke banyak arah. Penelitian Cranford dan rekan-rekannya menunjukkan bahwa perilaku nonlinier sutra membantu jaring tetap kokoh dan membatasi kerusakan pada bagian tertentu ketika menerima beban.

Tidak semua laba-laba menghasilkan sutra yang sama

Pada 2010, Agnarsson, Kuntner, dan Blackledge melaporkan dragline silk dari *Caerostris darwini*, laba-laba kulit kayu Darwin. Sampel yang dipintal paksa mempunyai kekuatan tarik rata-rata sekitar **1,65 GPa**, regangan sekitar **52%**, dan ketangguhan rata-rata sekitar **354 MJ/m³**. Beberapa sampel mencapai sekitar **520 MJ/m³**.

Temuan itu bukan alasan untuk menganggap semua jaring mempunyai angka serupa. Justru, penelitian tersebut memperlihatkan besarnya variasi material antargenus, antarindividu, dan

antara benang yang diambil langsung dari jaring dengan benang yang ditarik dalam kondisi laboratorium.

Bisakah benang laba-laba menahan manusia seperti Spider-Man?

Sebagai perkiraan ideal, manusia bermassa 70 kilogram memberi gaya statis sekitar 687 newton saat diam. Jika seluruh beban ditahan satu serat sempurna dengan kekuatan tarik 1,1 GPa, diameter teoritis minimumnya sekitar **0,89 milimeter**. Dengan faktor keamanan sederhana sebesar lima, diameternya mendekati **2 milimeter**.

Perhitungan itu hanya eksperimen pikiran, bukan rancangan aman. Menangkap orang yang sedang jatuh jauh lebih berat daripada menahan orang yang diam. Gaya puncak bergantung pada kecepatan, jarak pengereman, panjang benang, elastisitas, simpul, cacat serat, dan jumlah titik tumpu. Bangunan tempat jaring menempel juga harus mampu menerima gaya yang sama.

Benang alami laba-laba berdiameter sangat kecil, sehingga untuk membawa beban manusia diperlukan bundel banyak serat dengan kualitas seragam. Film juga menambahkan kemampuan yang belum dimiliki sutra alami: diproduksi seketika dalam jumlah besar, menempel selektif pada berbagai permukaan, dapat diarahkan presisi, dan mampu mengendalikan pengereman tanpa mencederai pengguna.

Di bagian mana baja tetap unggul?

Baja unggul ketika dibutuhkan kekakuan, kemampuan menahan tekan dan tekuk, kestabilan bentuk, ketahanan suhu tinggi, penyambungan yang terstandar, serta produksi massal dengan mutu konsisten. Sutra laba-laba sangat baik sebagai serat tarik, tetapi tidak dapat menggantikan balok baja untuk menyangga bangunan.

Sebaliknya, sutra menginspirasi material ringan untuk jahitan medis, tekstil pelindung, komposit, sensor, dan struktur penyerap energi. Tantangannya adalah menghasilkan protein serta memintalnya dalam skala besar tanpa kehilangan struktur dan sifat luar biasa yang muncul pada benang alami.

Jadi, mana yang lebih kuat?

Dalam kekuatan tarik absolut, sutra laba-laba tidak selalu mengalahkan baja. Nilainya dapat sekelas baja kuat dan kadang lebih tinggi pada spesies tertentu. Jika dibandingkan berdasarkan berat, sutra dapat jauh lebih unggul karena massa jenisnya rendah. Dalam ketangguhan, kemampuan sutra menyerap energi sebelum putus sangat menonjol. Namun dalam kekakuan dan fungsi sebagai struktur tekan, baja menang telak.

Jadi, pelajaran terbaik dari Spider-Man bukan bahwa jaring selalu “lebih kuat dari metal”. Pelajarannya adalah bahwa alam dapat menggabungkan sifat yang biasanya sulit ditemukan sekaligus: ringan, kuat, lentur, dan tangguh.

Sumber dan bacaan lanjutan

- Gosline dkk. (1999) – The mechanical design of spider silks
Alamat: <https://doi.org/10.1242/jeb.202.23.3295>
- Agnarsson, Kuntner, dan Blackledge (2010) – Bioprospecting Finds the Toughest Biological Material
Alamat: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011234>
- Cranford dkk. (2012) – Nonlinear material behaviour of spider silk yields robust webs
Alamat: <https://doi.org/10.1038/nature10739>
- Vollrath dan Knight (2001) – Liquid crystalline spinning of spider silk
Alamat: <https://doi.org/10.1038/35069000>

Belajar lebih seru dengan simulasi interaktif

Simu punya ratusan simulasi interaktif Kurikulum Merdeka yang berjalan langsung di browser — tanpa instal apa pun. Jelajahi katalognya di simu.konsep.com/simulasi.

Mulai dengan akun gratis

Akun gratis membuka katalog lengkap, simulasi & materi yang bertanda terbuka, serta soal dan jawaban di tiap bab kurikulum.

simu.konsep.com/register

Ingin semua simulasi terbuka? Lihat paket berlangganan di simu.konsep.com/pricing

Artikel ini tersedia daring di simu.konsep.com/artikel/kekuatan-jaring-laba-laba-dibandingkan-metal