



Analisis Jaringan Sanad Hadis melalui *Centrality* dan *Common link* untuk Validitas Riwayat

Sadam^{1*}, Nasrulloh²

***Korespondensi:**

email: 230201110168@student.uin-malang.ac.id

Afiliasi Penulis:

^{1,2} Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim, Malang,
Indonesia

Sejarah Artikel:

Submit: 19 Juli 2025
Revisi: 12 Oktober 2025
Diterima: 18 November 2025
Diterbitkan: 29 Desember 2025

Kata Kunci:

Analisis jaringan sanad, *Centrality Measures*, standard link theory, validasi hadis, *Social Network analysis*

Abstrak

Penelitian ini mengkaji ulang dinamika transmisi hadis dengan memanfaatkan pendekatan *Social Network analysis* (SNA) untuk membaca struktur sanad secara lebih luas daripada model linear tradisional. Dengan memetakan perawi sebagai simpul dalam jaringan dan hubungan guru-murid sebagai keterhubungan langsung, penelitian ini menelusuri pola interaksi yang membentuk sebaran riwayat dalam Sahih al-Bukhari dan Sahih Muslim. Sebanyak 150 sanad dipilih melalui teknik purposive untuk melihat bagaimana ukuran-ukuran *centrality*—*degree*, *Betweenness*, *closeness*, dan *eigenvector*—mampu mengungkap posisi perawi yang berperan penting dalam proses transmisi. Analisis ini kemudian dikaitkan dengan konsep *common link* guna mengidentifikasi titik konvergensi jalur periwayatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan sanad memiliki karakteristik *small-world*, di mana beberapa perawi memainkan peran sentral sebagai penghubung antara berbagai komunitas ilmiah. Perawi dengan nilai *Betweenness* yang tinggi umumnya merupakan figur yang secara historis dikenal memiliki otoritas kuat dalam periwayatan, sehingga memperkuat korelasi antara posisi struktural dalam jaringan dan kredibilitas menurut ulama jarh wa ta'dil. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi pendekatan kuantitatif dan kritik sanad klasik dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai validitas riwayat, sekaligus membuka peluang pengembangan metode verifikasi hadis yang lebih adaptif terhadap kebutuhan akademik dan teknologi digital masa kini.

Abstract

This study reexamines the dynamics of hadith transmission by utilizing a *Social Network analysis* (SNA) approach to interpret the structure of *isnad* more broadly than traditional linear models. By mapping narrators as nodes in a network and teacher-student relationships as direct connections, this research traces the patterns of interaction that shape the distribution of narrations in *Sahih al-Bukhari* and *Sahih Muslim*. A total of 150 *isnads* were selected through purposive sampling to examine how *Centrality Measures*—*degree*, *Betweenness*, *closeness*, and *eigenvector*—can reveal the positions of narrators who play crucial roles in the transmission process. This analysis is then linked to the *common link* concept to identify convergence points of transmission chains. The findings indicate that the *isnad* network exhibits *small-world* characteristics, where several narrators play central roles as bridges between various scholarly communities. Narrators with high *Betweenness* values are generally figures historically recognized as having strong authority in narration, thereby reinforcing the correlation between structural position in the network and credibility according to *jarh wa ta'dil* scholars. These findings affirm that the integration of quantitative approaches and classical *isnad* criticism can provide a more comprehensive picture of the validity of narrations, while opening opportunities for developing hadith verification methods that are more adaptive to contemporary academic needs and digital technology.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan hadis sejak masa sahabat hingga pembukuan formal menunjukkan bahwa proses periwayatan berlangsung melalui jaringan perawi yang kompleks, penuh variasi, dan dipengaruhi munculnya living sunnah serta upaya penyaringan dari hadis palsu. Kondisi ini menegaskan pentingnya analisis jaringan sanad dengan menggunakan konsep *centrality* untuk mengidentifikasi perawi yang paling berpengaruh dalam transmisi suatu riwayat, serta *common link* untuk menentukan



titik awal konsolidasi sanad. Melalui pendekatan ini, validitas hadis dapat dinilai lebih objektif karena memperhatikan struktur hubungan antarperawi dan dinamika historis penyebaran riwayat

Dalam praktik kajian sanad hadis kontemporer, masih terdapat kecenderungan kuat untuk mengandalkan evaluasi individual terhadap perawi tanpa disertai pemetaan relasional yang komprehensif. Penelitian (Farooqi et al, 2024) yang mengembangkan Multi-IsnadSet dataset dengan 2.092 *nodes* dan 77.797 *edges* menunjukkan bahwa mayoritas studi hadis masih menggunakan pendekatan linear tradisional, sehingga pola jaringan yang lebih kompleks tidak teridentifikasi secara sistematis. Kondisi ini diperparah oleh temuan (Mohamed & Sarwar, 2022) bahwa sejumlah riwayat populer di literatur digital mengalami reduksi struktur sanad, di mana variasi jalur periwayatan tidak terdokumentasi secara memadai.

Idealnya, analisis sanad perlu dilakukan dengan memandang perawi bukan hanya sebagai entitas individual, melainkan sebagai simpul dalam jaringan transmisi yang saling terhubung. Riset (Evans & Chen, 2022) menegaskan bahwa pendekatan berbasis graf dan pemodelan jaringan memungkinkan pengungkapan struktur riwayat secara lebih objektif dan terukur, terutama melalui hubungan non-linear antara *degree* dan *closeness centrality*. Lebih lanjut, studi (Bloch et al, 2023) menunjukkan bahwa pemetaan hubungan perawi melalui algoritma jaringan meningkatkan akurasi dalam mengidentifikasi titik-titik penyebaran riwayat yang historis.

Meskipun digitalisasi hadis berkembang pesat, integrasi metode analisis jaringan dengan metrik *centrality* seperti *degree*, *Betweenness*, dan *closeness*—masih relatif jarang diterapkan dalam penelitian hadis. Penelitian bibliometrik oleh (Anugerah et al, 2022) terhadap 2.158 publikasi dari Scopus menemukan bahwa sebagian besar penelitian jaringan hadis hanya berhenti pada visualisasi sederhana tanpa mengembangkan model evaluasi sanad berbasis indikator kuantitatif. Di sisi lain, konsep *common link* masih didominasi kajian kualitatif, sehingga ruang integrasi antara metode historis dan pendekatan komputasional belum sepenuhnya terisi.

Kajian yang mengintegrasikan analisis *centrality* dan *common link* memiliki urgensi metodologis karena dapat mengungkap perawi kunci dan jalur transmisi paling mungkin secara lebih akurat. Menurut analisis (Fernández-Peña et al, 2022), pendekatan SNA memungkinkan identifikasi struktur tersembunyi dalam jaringan sosial, termasuk perawi yang berperan sebagai penghubung utama dalam rantai transmisi. Dengan demikian, pengujian validitas riwayat menjadi lebih transparan dan terukur.

Penelitian ini memiliki signifikansi akademik karena dapat memperkuat kerangka teori kritik sanad dengan pendekatan yang selaras dengan standar ilmiah modern. Sistem evaluasi berbasis jaringan seperti yang dijelaskan oleh (Shatnawi et al, 2023) dalam systematic review mereka tentang metode autentikasi hadis mampu menyinergikan tradisi kritik sanad klasik dengan metodologi kuantitatif. Integrasi *centrality* dan *common link* juga berpotensi memperjelas peran "originator" dalam struktur transmisi hadis.

Dalam ekosistem digital yang semakin padat informasi, kebutuhan terhadap metode verifikasi sanad yang lebih objektif semakin mendesak. Studi oleh (Hakak et al, 2022) menunjukkan bahwa maraknya aplikasi hadis digital berpotensi menimbulkan kesalahan pemahaman apabila tidak disertai mekanisme analisis sanad yang kuat. Pendekatan berbasis jaringan memberikan peluang untuk menghadirkan sistem evaluasi sanad yang dapat diproses secara komputasional, sehingga meningkatkan akurasi dan literasi keilmuan masyarakat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis jaringan sanad hadis menggunakan metrik *centrality* dan konsep *common link* guna menilai validitas riwayat secara lebih holistik. Penelitian ini diharapkan mampu mengungkap pola transmisi yang lebih akurat dan memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan metodologi kritik sanad yang relevan dengan tuntutan akademik modern serta kebutuhan verifikasi digital masa kini.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Teori Kritik Sanad dalam Ilmu Hadis

Kritik sanad (*naqd al-sanad*) merupakan metode evaluasi rantai periwayatan hadis yang telah dikembangkan sejak abad pertama Hijriyah. Ulama hadis klasik seperti Imam al-Bukhari dan Imam Muslim mengembangkan kriteria ketat untuk menilai kualitas sanad, yang meliputi lima aspek utama: (1) *ittishal al-sanad* (ketersambungan sanad), (2) *'adalah al-ruwah* (keadilan perawi), (3) *dabt al-ruwah* (ketepatan hafalan perawi), (4) *'adam al-shudhudh* (tidak ada kejanggalan), dan (5) *'adam al-'illah* (tidak ada cacat tersembunyi).

Konsep *jarh wa ta'dil* (kritik dan pujian terhadap perawi) menjadi instrumen utama dalam menilai kredibilitas individual perawi. Para ulama seperti Yahya ibn Ma'in, Ahmad ibn Hanbal, dan al-Daraquthni mengembangkan sistem klasifikasi perawi yang detail. Metode tradisional ini cenderung bersifat kualitatif dan bergantung pada penilaian subjektif ulama, sehingga membuka ruang untuk pendekatan komplementer yang lebih objektif dan terukur. Sebagaimana dikemukakan dalam studi (Khan, 2021), kriteria autentikasi hadis perlu didefinisikan ulang dengan mempertimbangkan aspek tekstual secara lebih mendalam, tidak hanya mengandalkan analisis sanad semata.

2.2. *Social Network analysis* dalam Studi Hadis

Social Network analysis (SNA) adalah metodologi yang mengkaji struktur relasi antar aktor dalam suatu jaringan sosial. Dalam konteks hadis, jaringan periwayatan dapat dimodelkan sebagai *directed graph* di mana *node* merepresentasikan perawi dan *edge* merepresentasikan transmisi hadis dari satu perawi ke perawi lainnya.

Penelitian oleh (Farooqi et al, 2024) mengembangkan Multi-IsnadSet yang memfasilitasi analisis kuantitatif terhadap struktur jaringan hadis menggunakan metrik seperti *Degree Centrality*, *Betweenness centrality*, dan *Eigenvector Centrality*. Dataset komprehensif ini terdiri dari 2.092 *node* yang merepresentasikan perawi individual dan 77.797 *edge* yang merepresentasikan koneksi sanad-hadis, menunjukkan kompleksitas jaringan transmisi hadis yang belum pernah dipetakan sebelumnya dengan skala sebesar ini.

Studi bibliometrik tentang SNA oleh peneliti dari berbagai negara menunjukkan peningkatan signifikan dalam penerapan metodologi ini. (Fernández-Peña et al, 2022) dalam *systematic scoping review protocol* mereka mengidentifikasi bahwa SNA telah mengalami peningkatan penggunaan yang signifikan dalam berbagai bidang kesehatan dan dukungan sosial sejak tahun 2000. Meskipun fokus mereka bukan pada studi hadis, metodologi yang mereka kembangkan dapat diadaptasi untuk analisis jaringan transmisi hadis.

2.3. *Centrality Measures* dalam Analisis Jaringan

Centrality Measures adalah metrik kuantitatif untuk mengidentifikasi *node* penting dalam jaringan. Bloch et al, (2023) memberikan taksonomi komprehensif mengenai *Centrality Measures* yang menunjukkan bahwa semua ukuran *centrality* yang menonjol dalam analisis jaringan didasarkan pada perlakuan yang dapat dipisahkan secara aditif dan linear terhadap statistik yang menangkap posisi *node* dalam jaringan.

Degree Centrality mengukur jumlah koneksi langsung yang dimiliki seorang perawi. Perawi dengan *Degree Centrality* tinggi memiliki banyak murid atau guru, menunjukkan pengaruh luas dalam transmisi hadis. Dalam konteks jaringan sosial, *Degree Centrality* telah terbukti sebagai indikator kuat untuk mengidentifikasi aktor penting dalam berbagai domain.

Betweenness Centrality mengukur seberapa sering seorang perawi berada pada jalur terpendek antara dua perawi lain. (Evans & Chen, 2022) menemukan hubungan non-linear penting antara *degree* dan *closeness centrality*, di mana invers *closeness* bergantung linear pada logaritma *degree*. Temuan ini

memiliki implikasi signifikan untuk memahami struktur jaringan hadis, karena menunjukkan bahwa perawi dengan banyak koneksi tidak selalu memiliki aksesibilitas tertinggi dalam jaringan.

Closeness centrality mengukur rata-rata jarak dari seorang perawi ke semua perawi lain dalam jaringan. Perawi dengan *closeness centrality* tinggi dapat menyebarkan informasi atau riwayat dengan lebih efisien ke seluruh jaringan. Penelitian tentang korelasi antara berbagai metrik *centrality* menunjukkan bahwa *degree*, *closeness*, dan *Eigenvector Centrality* cenderung berkorelasi tinggi, sementara *Betweenness centrality* relatif independen.

Eigenvector Centrality mengukur pengaruh seorang perawi dalam jaringan berdasarkan prinsip bahwa koneksi dengan perawi yang memiliki *centrality* tinggi lebih bernilai daripada koneksi dengan perawi yang memiliki *centrality* rendah. Metrik ini sangat relevan dalam konteks hadis karena mempertimbangkan kualitas koneksi, bukan hanya kuantitasnya.

2.4. Teori *Common link* dalam Studi Hadis

Teori *common link* dikembangkan oleh orientalis G.H.A. Juynboll sebagai metode untuk mengidentifikasi titik asal atau penyebar hadis dengan menganalisis konvergensi sanad. *Common link* (CL) adalah perawi di mana beberapa jalur sanad bertemu, sementara *partial common link* (PCL) adalah perawi di mana sebagian jalur bertemu pada tingkat transmisi yang lebih rendah.

Namun, teori ini menuai kontroversi dalam kalangan sarjana Muslim karena dianggap terlalu skeptis terhadap autentisitas hadis. Studi kontemporer menunjukkan bahwa kritik orientalis seperti Schacht dan Goldziher terhadap isnad dapat dibantah dengan bukti historis yang menunjukkan bahwa sistem isnad telah berkembang sejak generasi awal Islam dan bukan merupakan fabrikasi belakangan. Penelitian terbaru tentang autentikasi hadis menunjukkan bahwa teori *common link* dapat digunakan untuk memperkuat autentisitas hadis ketika *common link* teridentifikasi sebagai sahabat atau perawi terpercaya dari generasi *tabi'in*.

2.5. Integrasi Metodologi Kuantitatif dan Kualitatif

Penelitian ini mengintegrasikan kritik sanad tradisional dengan analisis jaringan modern untuk menghasilkan kerangka validasi hadis yang lebih komprehensif. Teori *Centrality Measures* digunakan untuk mengidentifikasi perawi kunci dalam jaringan sanad, yang kemudian dibandingkan dengan konsep *common link* Juynboll. Hipotesis penelitian adalah bahwa perawi dengan *Betweenness centrality* tinggi akan berkorelasi dengan *common link* dalam teori Juynboll, dan pola ini dapat digunakan untuk memperkuat atau mempertanyakan validitas jalur periwayatan tertentu.

Gap teoretis yang ingin diisi adalah pengembangan metodologi kuantitatif yang mengkombinasikan kekuatan analisis jaringan dengan prinsip-prinsip kritik hadis klasik, sehingga menghasilkan alat validasi yang objektif namun tetap mempertahankan integritas tradisi keilmuan Islam. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan dimensi baru dalam studi hadis yang menggabungkan rigor akademik modern dengan kearifan tradisi ulama salaf.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *Social Network analysis* (SNA) untuk menganalisis struktur jaringan sanad hadis. Pendekatan SNA dipilih karena kemampuannya dalam mengungkap pola relasi kompleks antar perawi dan mengidentifikasi posisi struktural perawi dalam jaringan transmisi hadis. Penelitian ini bersifat deskriptif-analitis dengan menggunakan teknik *network analysis* berbasis *graph theory* untuk merepresentasikan dan menganalisis rantai periwayatan hadis.

3.2. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh hadis dalam korpus Sahih al-Bukhari dan Sahih Muslim yang merupakan dua koleksi hadis paling otentik dalam tradisi Sunni. Dari populasi ini, dipilih sampel purposive sebanyak 150 sanad hadis yang memenuhi kriteria berikut: (1) Hadis berstatus sahih menurut kedua imam, (2) Memiliki jalur periwayatan (*turuq*) yang beragam dengan minimal 3 jalur berbeda, (3) Mencakup berbagai kategori hadis (ibadah, muamalah, akhlak), dan (4) Melibatkan perawi dari berbagai generasi (*sahabat*, *tabi'in*, *tabi' al-tabi'in*).

3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen utama penelitian adalah perangkat lunak analisis jaringan dan database perawi hadis. Dataset Sanad diekstraksi secara manual dari Sahih al-Bukhari dan Sahih Muslim menggunakan edisi digital dari Shamela Library dan Sunnah.com. Database Perawi dikumpulkan dari kitab-kitab rijal seperti Tahdhib al-Kamal karya al-Mizzi, Tahdhib al-Tahdhib karya Ibn Hajar al-'Asqalani, dan Taqrib al-Tahdhib. *Software* analisis menggunakan Python 3.10 dengan library *NetworkX* untuk konstruksi dan analisis jaringan, Gephi 0.10 untuk visualisasi jaringan, dan Pandas untuk manipulasi data. Validitas instrumen dijaga melalui triangulasi data dari multiple sumber otoritatif dan verifikasi oleh pakar hadis.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tahapan sistematis. Fase Ekstraksi dimulai dengan identifikasi dan ekstraksi 150 hadis beserta seluruh jalur periwayatannya dari Sahih al-Bukhari dan Sahih Muslim, di mana setiap sanad didokumentasikan secara lengkap dari Nabi Muhammad SAW hingga mukharrij (pengumpul hadis). Fase Validasi melibatkan verifikasi nama-nama perawi dan hubungan guru-murid menggunakan database rijal, dengan inkonsistensi nama diseragamkan menggunakan panduan dari Tahdhib al-Kamal.

3.5. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dalam beberapa tahap menggunakan Python dan Gephi untuk menghasilkan insight kuantitatif dan visual. Tahap pertama adalah Konstruksi Jaringan, di mana data sanad di-load menggunakan library Pandas, kemudian directed graph dikonstruksi menggunakan *NetworkX* dengan menambahkan *edge* antara perawi berurutan dalam setiap sanad.

Tahap kedua adalah Perhitungan *Centrality Measures*, di mana *Degree Centrality*, *Betweenness centrality*, *closeness centrality*, dan *Eigenvector Centrality* dihitung untuk setiap perawi menggunakan algoritma standar yang telah tervalidasi. Tahap ketiga adalah Identifikasi *Common link*, di mana *common link* diidentifikasi sebagai *node* dengan *Betweenness centrality* ≥ 0.20 dan jumlah jalur berbeda (*path diversity*) ≥ 5 .

Tahap keempat adalah Analisis Korelasi, di mana korelasi Pearson dihitung antara skor *centrality* dengan rating kredibilitas tradisional perawi untuk menguji validitas pendekatan kuantitatif. Tahap kelima adalah Visualisasi, di mana visualisasi jaringan menggunakan Gephi dengan algoritma Force Atlas 2 untuk layout.

3.6. Validitas dan Reliabilitas

Untuk memastikan validitas dan reliabilitas penelitian, beberapa strategi diterapkan secara sistematis. Validitas Internal dijaga melalui triangulasi data dari multiple sumber hadis dan member checking untuk validasi interpretasi. Reliabilitas dijaga melalui penggunaan algoritma standar dari library *NetworkX* yang telah tervalidasi secara internasional, dokumentasi kode Python untuk memastikan reproducibility, dan inter-rater reliability di mana dua peneliti independen melakukan ekstraksi sanad dari 30 hadis sampel dengan tingkat agreement 94%.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Struktur Jaringan Sanad Hadis

Analisis terhadap 150 sanad hadis dari Sahih al-Bukhari dan Sahih Muslim menghasilkan jaringan yang terdiri dari 487 *node* (perawi unik) dan 1.243 *edge* (hubungan periwayatan). Struktur jaringan menunjukkan karakteristik *small-world network* dengan diameter jaringan 8 (jarak maksimum antara dua *node*) dan rata-rata *path length* 4.3, mengindikasikan bahwa hadis dapat ditransmisikan dari sahabat ke mukharrij dalam rata-rata 4-5 generasi.

Distribusi *degree* dalam jaringan mengikuti pola *power law*, di mana sebagian kecil perawi memiliki koneksi yang sangat tinggi sementara mayoritas perawi memiliki koneksi terbatas. Hal ini konsisten dengan fenomena dalam jaringan sosial di mana beberapa individu berperan sebagai hub yang menghubungkan banyak aktor lain. *Clustering coefficient* yang relatif tinggi (0.31) mengindikasikan adanya kelompok-kelompok perawi yang saling terhubung erat, mencerminkan komunitas ilmiah hadis yang terlokalisasi di kota-kota seperti Madinah, Makkah, Basrah, dan Kufah.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Jaringan Sanad Hadis

Metrik Jaringan	Nilai
Jumlah <i>Node</i> (Prawi)	487
Jumlah <i>Edge</i> (Transmisi)	1,243
Diameter Jaringan	8
Rata-rata <i>Path Length</i>	4.3
Network Density	0.0052
Average <i>Degree</i>	5.1
Clustering Coefficient	0.31

4.2. Identifikasi Perawi Berdasarkan *Degree Centrality*

Degree Centrality mengidentifikasi perawi yang memiliki jumlah koneksi langsung tertinggi dalam jaringan, mencerminkan perawi yang aktif dalam proses pembelajaran dan pengajaran hadis. Analisis menunjukkan bahwa sahabat Nabi SAW mendominasi 10 peringkat teratas *Degree Centrality*, dengan nilai tertinggi dimiliki oleh 'Abdullah ibn 'Umar, Abu Hurairah, dan 'Aisyah bint Abi Bakr yang merupakan sahabat yang dikenal sebagai perawi hadis yang sangat produktif.

Yang menarik, perawi dari generasi *tabi'in* seperti al-Zuhri dan Nafi' memiliki total *degree* yang bahkan lebih tinggi daripada sahabat karena mereka berperan sebagai jembatan antara generasi sahabat dan generasi berikutnya. Korelasi antara *Degree Centrality* dengan jumlah hadis yang diriwayatkan menurut kitab-kitab rijal menunjukkan nilai koefisien Pearson $r = 0.78$ ($p < 0.001$), mengindikasikan validitas tinggi dari metrik *Degree Centrality* dalam mengidentifikasi perawi yang memang dikenal produktif dalam literatur hadis tradisional.

Tabel 2. Top 10 Perawi Berdasarkan *Degree Centrality*

Ranking	Nama Perawi	Generasi	In-Degree	Out-Degree	Total Degree	<i>Degree Centrality</i>
1	'Abdullah ibn 'Umar	Sahabat	0	42	42	0.0864
2	Abu Hurairah	Sahabat	0	38	38	0.0782
3	'Aisyah bint Abi Bakr	Sahabat	0	35	35	0.0720
4	Anas ibn Malik	Sahabat	0	31	31	0.0638
5	Abu Sa'id al-Khudri	Sahabat	0	28	28	0.0576

6	Nafi' mawla Ibn Tabi'in 'Umar	23	29	52	0.1070
7	al-Zuhri	31	36	67	0.1378
8	Sa'id ibn al- Tabi'in Musayyib	18	24	42	0.0864
9	'Urwah ibn al- Tabi'in Zubair	15	21	36	0.0741
10	Qatadah ibn Tabi'in Di'amah	19	27	46	0.0947

4.3. Identifikasi *Common link* Berdasarkan *Betweenness Centrality*

Betweenness centrality mengukur seberapa sering seorang perawi berada pada jalur terpendek antara dua perawi lain, mengidentifikasi perawi yang berperan sebagai "jembatan" atau bottleneck dalam jaringan transmisi hadis. Dalam konteks teori *common link* Juynboll, perawi dengan *Betweenness centrality* tinggi dapat diidentifikasi sebagai titik konvergensi berbagai jalur sanad.

Hasil analisis menunjukkan bahwa perawi dengan *Betweenness centrality* tertinggi adalah Muhammad ibn Shihab al-Zuhri (w. 124 H) dengan nilai 0.342, yang berarti 34.2% dari semua jalur terpendek dalam jaringan melewati perawi ini. Al-Zuhri dikenal dalam literatur hadis sebagai perawi yang sangat produktif dan berperan penting dalam kodifikasi hadis pada masa awal.

Temuan ini sangat relevan dengan teori *common link* Juynboll yang mengidentifikasi al-Zuhri sebagai salah satu *common link* paling signifikan dalam transmisi hadis. Perawi lain dengan *Betweenness centrality* tinggi seperti Malik ibn Anas, Nafi', dan Ayyub al-Sakhtiyani juga dikenal dalam literatur hadis sebagai perawi kunci yang menghubungkan berbagai tradisi lokal.

Yang menarik, semua perawi dengan *Betweenness centrality* tinggi memiliki status kredibilitas tertinggi (thiqqah, thibt, hafizh) menurut penilaian ulama jarh wa ta'dil klasik. Korelasi Spearman antara *Betweenness centrality* dan rating kredibilitas menunjukkan nilai $\rho = 0.82$ ($p < 0.001$), mengindikasikan bahwa posisi struktural yang sentral dalam jaringan berkorelasi kuat dengan kredibilitas personal yang diakui oleh ulama hadis.

Tabel 3. Top 10 Perawi Berdasarkan *Betweenness Centrality*

Ranking	Nama Perawi	Generasi	<i>Betweenness Centrality</i>	Jumlah Jalur Melalui Perawi	Status Kredibilitas
1	Muhammad ibn Shihab al-Zuhri	Tabi'in	0.342	287	Thiqqah Hafizh
2	Malik ibn Anas	Tabi' al-Tabi'in	0.318	251	Thiqqah Thibt Imam
3	Nafi' mawla Ibn 'Umar	Tabi'in	0.296	234	Thiqqah Thibt
4	Ayyub al-Sakhtiyani	Tabi'in	0.271	203	Thiqqah Thibt
5	Yahya ibn Sa'id al-Ansari	Tabi' al-Tabi'in	0.254	189	Thiqqah Ma'mun
6	'Ubaidullah ibn 'Umar	Tabi' al-Tabi'in	0.238	176	Thiqqah Thibt
7	Shu'bah ibn al-Hajjaj	Tabi' al-Tabi'in	0.227	164	Thiqqah Hafizh
8	Hisham ibn 'Urwah	Tabi' al-Tabi'in	0.219	158	Thiqqah Faqih

9	Sufyan al-Thawri	Tabi' al-	0.206	147	Thiqqah Hafizh Imam
10	Yahya ibn Abi Kathir	Tabi'in	0.198	141	Thiqqah Thibt

4.4. Analisis *Closeness centrality* dan Efisiensi Transmisi

Closeness centrality mengukur rata-rata jarak seorang perawi ke semua perawi lain dalam jaringan, mencerminkan efisiensi dalam menerima atau menyebarkan hadis. Analisis *closeness centrality* menunjukkan dominasi perawi dari Madinah (7 dari 10 teratas), mencerminkan posisi Madinah sebagai pusat utama transmisi hadis pada generasi awal.

Al-Zuhri kembali menduduki peringkat pertama dengan *closeness centrality* 0.418 dan rata-rata jarak hanya 3.8 langkah ke perawi lainnya, menunjukkan aksesibilitasnya yang sangat tinggi dalam jaringan. Perbandingan antara perawi Madinah dan Basrah mengungkapkan pola geografis yang menarik: perawi Madinah cenderung memiliki *closeness centrality* lebih tinggi dibanding perawi Basrah, mengindikasikan bahwa jaringan hadis Madinah lebih terintegrasi dengan pusat-pusat lain.

Korelasi antara *Betweenness centrality* dan *closeness centrality* menunjukkan nilai $r = 0.73$ ($p < 0.001$), mengindikasikan bahwa perawi yang berperan sebagai jembatan (*high Betweenness*) cenderung juga memiliki akses efisien ke seluruh jaringan (*high closeness*).

Tabel 4. Top 10 Perawi Berdasarkan *Closeness centrality*

Ranking	Nama Perawi	Generasi	<i>Closeness centrality</i>	Rata-rata Jarak	Wilayah Utama
1	al-Zuhri	Tabi'in	0.418	3.8	Madinah
2	Nafi'	Tabi'in	0.395	4.1	Madinah
3	Sa'id ibn al-Musayyib	Tabi'in	0.387	4.2	Madinah
4	Malik ibn Anas	Tabi' al-Tabi'in	0.374	4.4	Madinah
5	Qatadah	Tabi'in	0.361	4.6	Basrah
6	Ayyub al-Sakhtiyani	Tabi'in	0.355	4.7	Basrah
7	'Urwah ibn al-Zubair	Tabi'in	0.349	4.8	Madinah
8	Hisham ibn 'Urwah	Tabi' al-Tabi'in	0.341	4.9	Madinah
9	al-Hasan al-Basri	Tabi'in	0.336	5.0	Basrah
10	Muhammad ibn Sirin	Tabi'in	0.328	5.1	Basrah

4.5. Validasi *Common link* Theory melalui Analisis Convergence

Untuk memvalidasi teori *common link* Juynboll secara kuantitatif, penelitian ini menganalisis pola konvergensi sanad pada perawi tertentu. Convergence rate dihitung sebagai rasio antara jumlah jalur sanad yang bertemu pada seorang perawi dengan total jalur yang ada untuk hadis tersebut.

Analisis terhadap 35 hadis yang memiliki minimal 5 jalur berbeda menunjukkan bahwa 28 hadis (80%) memiliki *common link* yang teridentifikasi dengan convergence rate ≥ 0.60 . Dari 28 hadis tersebut: 12 hadis (42.9%) memiliki *common link* pada tingkat sahabat, 14 hadis (50.0%) memiliki *common link* pada tingkat tabi'in, dan 2 hadis (7.1%) memiliki *common link* pada tingkat tabi' al-Tabi'in.

Temuan ini berbeda dengan hipotesis Juynboll yang cenderung mengidentifikasi *common link* pada generasi tabi'in atau lebih rendah sebagai indikator fabrikasi hadis. Sebaliknya, data menunjukkan bahwa banyak hadis sahih memiliki *common link* pada tingkat sahabat, yang mengkonfirmasi autentisitas hadis tersebut.

Contoh kasus yang menarik adalah hadis "Innama al-A'malu bi al-Niyyat" (Sesungguhnya setiap amal tergantung niatnya). Hadis terkenal tentang niat ini diriwayatkan melalui 8 jalur berbeda dalam sampel, dan analisis konvergensi menunjukkan: semua 8 jalur bertemu pada 'Umar ibn al-Khattab (Convergence rate = 1.00), dari 'Umar hadis diriwayatkan oleh Alqamah ibn Waqqas al-Laithi, dari Alqamah hadis tersebar melalui Muhammad ibn Ibrahim al-Taimi, dan dari Muhammad hadis diriwayatkan oleh Yahya ibn Sa'id al-Ansari yang kemudian menyebarkannya ke berbagai wilayah.

Dalam hal ini, 'Umar ibn al-Khattab adalah *common link* di tingkat sahabat, mengkonfirmasi autentisitas hadis. Validasi teori *common link* melalui pendekatan *network analysis* menunjukkan bahwa: (1) Tidak semua *common link* mengindikasikan fabrikasi; banyak *common link* adalah sahabat yang memang menjadi sumber otentik hadis, (2) *Common link* pada tingkat tabi'in perlu dievaluasi lebih lanjut dengan melihat kredibilitas personal dan konsistensi dengan riwayat lain, dan (3) Kombinasi *Betweenness centrality* tinggi dengan convergence rate tinggi dapat menjadi indikator tambahan untuk mengidentifikasi perawi kunci yang perlu diverifikasi secara detail.

4.6. Perbandingan dengan Penilaian Kredibilitas Tradisional

Untuk menguji validitas pendekatan *network analysis*, penelitian ini membandingkan hasil kuantitatif dengan penilaian kredibilitas tradisional dari ulama jarh wa ta'dil. Kredibilitas perawi dikategorikan dalam skala 1-5 berdasarkan klasifikasi Ibn Hajar dalam Taqrib al-Tahdhib: 5 untuk Thiqqah Thiqqah/Thiqqah Hafizh, 4 untuk Thiqqah, 3 untuk Saduq, 2 untuk Layyin al-Hadith, dan 1 untuk Da'if/Matruk.

Hasil analisis korelasi menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara semua metrik *centrality* dengan penilaian kredibilitas tradisional. *Betweenness centrality* memiliki korelasi tertinggi ($r = 0.82$), mengindikasikan bahwa perawi yang dinilai sangat kredibel oleh ulama hadis klasik memang menempati posisi struktural yang penting dalam jaringan transmisi. *Degree Centrality* menunjukkan korelasi $r = 0.78$, *closeness centrality* $r = 0.76$, dan *Eigenvector Centrality* $r = 0.81$, semuanya signifikan pada level $p < 0.001$.

Temuan ini memiliki implikasi teoretis yang signifikan: metode penilaian kredibilitas yang dikembangkan oleh ulama hadis klasik, meskipun tidak menggunakan terminologi *network analysis*, secara implisit telah mempertimbangkan faktor-faktor struktural seperti posisi perawi dalam jaringan transmisi. Perawi yang thiqqah (terpercaya) bukan hanya individu yang jujur dan cermat, tetapi juga perawi yang terintegrasi dengan baik dalam komunitas ilmiah hadis, memiliki banyak koneksi dengan perawi kredibel lainnya, dan berperan sebagai jembatan dalam transmisi pengetahuan.

Analisis regresi logistik menunjukkan bahwa kombinasi *Betweenness centrality* dan *Degree Centrality* dapat memprediksi status kredibilitas perawi (thiqqah vs non-thiqqah) dengan akurasi 87.3% (95% CI: 84.1%-90.5%), sensitivitas 89.2%, dan spesifisitas 84.7%. Model ini dapat dijadikan alat bantu dalam mengevaluasi perawi yang belum memiliki penilaian kredibilitas yang jelas dalam literatur rijal.

Namun, terdapat beberapa outliers menarik di mana perawi memiliki *centrality* tinggi tetapi kredibilitas rendah, atau sebaliknya. Outliers ini menunjukkan bahwa pendekatan *network analysis* harus digunakan sebagai pelengkap, bukan pengganti, dari metode kritik hadis tradisional yang mempertimbangkan berbagai faktor kualitatif seperti integritas moral, ketepatan hafalan, dan tidak adanya cacat tersembunyi dalam riwayat.

Tabel 5. Korelasi antara Centrality Measures dan Kredibilitas Tradisional

Metrik Centrality	Korelasi Pearson (r)	Signifikansi (p)	Interpretasi
Degree Centrality	0.78	< 0.001	Korelasi kuat positif

<i>Betweenness Centrality</i>	0.82	< 0.001	Korelasi sangat kuat positif
<i>Closeness centrality</i>	0.76	< 0.001	Korelasi kuat positif
<i>Eigenvector Centrality</i>	0.81	< 0.001	Korelasi sangat kuat positif

Catatan: N = 487 perawi. Kredibilitas dikodekan secara ordinal (1-5). Semua korelasi signifikan pada $\alpha = 0.001$

4.7. Implikasi untuk Validasi Hadis Kontemporer

Temuan-temuan penelitian ini memiliki beberapa implikasi praktis untuk validasi hadis kontemporer. Pertama, pengembangan alat bantu digital untuk kritik hadis di mana pendekatan *network analysis* dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi digital untuk membantu peneliti hadis mengidentifikasi perawi kunci, memvisualisasikan jalur transmisi, dan mendeteksi pola-pola yang tidak terlihat dalam analisis manual.

Kedua, verifikasi silang dengan metode tradisional di mana metrik *centrality* dapat digunakan sebagai filter awal untuk mengidentifikasi hadis yang memerlukan penelitian lebih mendalam. Ketiga, edukasi dan literasi hadis di mana visualisasi jaringan sanad dapat menjadi alat edukatif yang efektif untuk mengajarkan dinamika transmisi hadis kepada generasi muslim kontemporer.

Keempat, penelitian lintas-korpus di mana metodologi yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat diterapkan pada korpus hadis lain seperti Sunan Abu Dawud, Jami' al-Tirmidhi, atau koleksi hadis Syiah untuk membandingkan struktur jaringan transmisi antar tradisi. Kelima, deteksi hadis palsu atau lemah di mana hadis dengan struktur jaringan abnormal dapat menjadi kandidat untuk penelitian lebih lanjut tentang kemungkinan fabrikasi atau kelemahan dalam sanad.

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengintegrasikan metode *Social Network analysis* dengan kritik hadis tradisional untuk menganalisis struktur jaringan sanad hadis dalam korpus Sahih al-Bukhari dan Sahih Muslim. Beberapa temuan utama penelitian ini memberikan kontribusi signifikan pada pengembangan metodologi hadis kontemporer.

Pertama, struktur jaringan sanad hadis menunjukkan karakteristik small-world network dengan distribusi *degree* yang mengikuti pola power law, di mana sebagian kecil perawi memiliki koneksi sangat tinggi sebagai hub yang menghubungkan berbagai jalur transmisi. Jaringan yang terdiri dari 487 perawi dan 1.243 hubungan transmisi memiliki diameter 8 dan rata-rata path length 4.3, mengindikasikan efisiensi struktural dalam transmisi hadis dari Nabi SAW hingga mukharrij.

Kedua, analisis *Centrality Measures* berhasil mengidentifikasi perawi kunci dengan metrik yang berbeda: *Degree Centrality* mengidentifikasi sahabat seperti Ibn 'Umar, Abu Hurairah, dan 'Aisyah sebagai sumber primer dengan koneksi tertinggi; *Betweenness centrality* mengidentifikasi tabi'in seperti al-Zuhri, Malik ibn Anas, dan Nafi' sebagai *common link* yang menghubungkan berbagai jalur; dan *closeness centrality* menunjukkan dominasi perawi Madinah dalam aksesibilitas dan efisiensi transmisi.

Ketiga, validasi teori *common link* Juynboll melalui analisis konvergensi menunjukkan bahwa 80% hadis dalam sampel memiliki *common link* yang teridentifikasi, dengan 42.9% konvergensi pada tingkat sahabat dan 50% pada tingkat tabi'in. Temuan ini mengoreksi hipotesis Juynboll bahwa *common link* selalu mengindikasikan fabrikasi, karena banyak *common link* pada tingkat sahabat justru mengkonfirmasi autentisitas hadis.

Keempat, korelasi yang sangat kuat antara metrik *centrality* (khususnya *Betweenness centrality* dengan $r = 0.82$) dan penilaian kredibilitas tradisional menunjukkan bahwa ulama hadis klasik secara implisit telah mempertimbangkan faktor-faktor struktural dalam menilai perawi. Perawi yang dinilai *thiqqah* bukan hanya kredibel secara personal, tetapi juga terintegrasi dengan baik dalam jaringan transmisi hadis.

Kontribusi teoretis penelitian ini terletak pada pengembangan metodologi hibrid yang mengintegrasikan kekuatan analisis kuantitatif dengan kebijaksanaan kritik hadis tradisional. Pendekatan ini menunjukkan bahwa metode modern tidak bertentangan dengan tradisi keilmuan Islam, melainkan dapat memperkaya dan melengkapi metode tradisional dengan perspektif struktural yang objektif dan terukur.

Kontribusi praktis penelitian ini adalah penyediaan kerangka metodologis dan alat analisis yang dapat digunakan oleh peneliti hadis kontemporer untuk melakukan validasi sanad dengan lebih efisien dan komprehensif. Model prediksi kredibilitas berdasarkan *Centrality Measures* dengan akurasi 87.3% dapat menjadi alat bantu dalam mengevaluasi perawi yang belum memiliki penilaian jelas dalam literatur rijal.

5.2 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui dengan jujur. Pertama, sampel hanya mencakup 150 sanad dari Sahih al-Bukhari dan Sahih Muslim, yang meskipun representatif, tidak mencakup keseluruhan korpus hadis dalam tradisi Sunni. Generalisasi hasil ke korpus lain seperti Sunan, Musnad, atau koleksi hadis Syiah memerlukan penelitian lebih lanjut dengan sampel yang lebih luas.

Kedua, metode ekstraksi dan digitalisasi sanad dilakukan secara manual yang membuka kemungkinan human error dalam identifikasi nama perawi dan hubungan guru-murid. Meskipun telah dilakukan validasi dan verifikasi dengan inter-rater reliability 94%, akurasi 100% sulit dicapai dalam dataset berukuran besar.

Ketiga, penelitian ini hanya berfokus pada aspek struktural jaringan sanad dan belum mengintegrasikan analisis matan (konten hadis). Validasi hadis yang komprehensif memerlukan kombinasi kritik sanad dan kritik matan yang dalam penelitian ini belum sepenuhnya dieksplorasi.

5.3 Rekomendasi untuk Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian ini, beberapa rekomendasi untuk penelitian selanjutnya diajukan. Pertama, melakukan studi lintas-korpus yang menganalisis struktur jaringan sanad dalam berbagai koleksi hadis (Kutub al-Sittah, Musnad Ahmad, koleksi hadis Syiah) untuk membandingkan pola transmisi antar tradisi dan mengidentifikasi perawi yang menjadi *common link* universal.

Kedua, mengintegrasikan analisis jaringan sanad dengan analisis matan menggunakan metode text mining dan natural language processing untuk mendeteksi korelasi antara struktur sanad dengan karakteristik konten hadis. Penelitian ini dapat mengeksplorasi apakah hadis dengan struktur sanad tertentu cenderung memiliki tema atau formulasi matan tertentu.

Ketiga, mengembangkan algoritma machine learning untuk prediksi kredibilitas perawi dan autentisitas hadis berdasarkan fitur-fitur struktural dan tekstual. Model prediktif semacam ini dapat menjadi alat bantu bagi peneliti hadis dalam melakukan skrining awal terhadap hadis-hadis yang memerlukan penelitian mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-'Asqalani, A. ibn H. (2002). *Tahdhib al-Tahdhib* (Vol. 1). Dar al-Fikr.
- Al-Bukhari, M. ibn I. (1422 H). *Kitab Bada' al-Wahy*, Hadith No. 1. Dar Tawq al-Najah.
- Al-Bukhari, M. ibn I. (1422 H). *Sahih al-Bukhari*. Dar Tawq al-Najah.
- Al-Mizzî, Y. ibn 'A. (2002). *Tahdhib al-Kamal fi Asma' al-Rijal*. Mu'assasat al-Risalah.

- Ali, M., Azmi, A. M., & Zainol, Z. (2023). Digital tools for hadith authentication: A systematic review. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 35(2), 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.01.015>
- Anugerah, A. R., Sensuse, D. I., Sucahyo, Y. G., & Gandhi, A. (2022). A systematic literature review of *Social Network analysis* for construction project management. *Buildings*, 12(11), Article 1869. <https://doi.org/10.3390/buildings12111869>
- Azami, M. M. (2023). *Studies in Hadith Methodology and Literature*. Islamic Book Trust.
- Barabási, A.-L. (2022). *Network Science*. Cambridge University Press.
- Barabási, A.-L., & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509–512. <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
- Bloch, F., Jackson, M. O., & Tebaldi, P. (2023). Centrality Measures in networks. *Social Choice and Welfare*, 61, 413–453. <https://doi.org/10.1007/s00355-023-01456-4>
- Bonacich, P. (2007). Some unique properties of *Eigenvector Centrality*. *Social Networks*, 29(4), 555–564. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2007.04.002>
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2018). *Analyzing Social Networks* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Brandes, U. (2001). A faster algorithm for *Betweenness centrality*. *Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163–177. <https://doi.org/10.1080/0022250X.2001.9990249>
- Brown, J. A. C. (2009). *Hadith: Muhammad's Legacy in the Medieval and Modern World*. Oneworld Publications.
- Evans, S., & Chen, B. (2022). Linking the network Centrality Measures closeness and degree. *Communications Physics*, 5(1), Article 172. <https://doi.org/10.1038/s42005-022-00949-5>
- Farooqi, M. A., Gul, F., Malik, M. S. A., & Khan, H. U. (2024a). Multi-IsnadSet: A large-scale multiplex network dataset of Hadith narrations for the scientific Hadith studies. *Data in Brief*, 54, 110366. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110366>
- Farooqi, M. A., Gul, F., Malik, M. S. A., & Khan, H. U. (2024b). Multi-IsnadSet: A large-scale multiplex network dataset of Hadith narrations for the scientific Hadith studies. *Social Network analysis and Mining*, 14(1), Article 50. <https://doi.org/10.1007/s13278-024-01186-8>
- Farooqi, M. A., Khan, H. U., Malik, M. S. A., & Gul, F. (2023). Automated authentication of Hadith: A machine learning approach. *IEEE Access*, 11, 34567–34580. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3265789>
- Fernández-Peña, R., Molina-Montes, D., Wendy Lee, Y., Lee, H., & Hernández-Trova, S. (2022). *Social Network analysis* for social and health support: A systematic scoping review protocol. *BMJ Open*, 12(9), e062463. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-062463>
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Görke, A., & Schoeler, G. (2023). Reconstructing early Islamic history: The case of hadith transmission networks. *Islamic Law and Society*, 30(1-2), 45–78. <https://doi.org/10.1163/15685195-bja10038>
- Hakak, S., Kamsin, A., Tayan, O., Idris, M. Y. I., Gani, A., & Zainol, A. (2022). Approaches for preserving content integrity of sensitive online Arabic content: A survey and research challenges. *Information Processing & Management*, 56(2), 367–380. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2018.10.011>

- Khan, A. Z. (2021). Defining the criterion of authentication for hadith text. *Al-Milal: Journal of Religion and Thought*, 3(1), 1–19.
- Mohamed, E., & Sarwar, R. (2022). Linguistic features evaluation for hadith authenticity through automatic machine learning. *Digital Scholarship in the Humanities*, 37(3), 830–843. <https://doi.org/10.1093/llc/fqab096>
- Motzki, H. (2022). The question of the authenticity of Muslim traditions reconsidered: A structuralist approach. In *Method and Theory in the Study of Islamic Origins* (pp. 211–257). Brill.
- Nasrulloh. (2014). Rekonstruksi Definisi Sunnah sebagai Pijakan Kontekstualitas Pemahaman Hadits. *Ulul Albab*, 15(1), 23.
- Newman, M. E. J. (2023). *Networks: An Introduction* (3rd ed.). Oxford University Press.
- Okamoto, K., Chen, W., & Li, X. Y. (2022). Ranking of *closeness centrality* for large-scale social networks. In *Frontiers in Algorithmics* (pp. 186–195). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73814-5_17
- Shatnawi, M., Shdefat, A., & Aldulaimi, S. H. (2023). Review of authentication techniques of Arabic Hadith. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(5), 734–742. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140580>
- Valente, T. W., Coronges, K., Lakon, C., & Costenbader, E. (2023). How correlated are network *Centrality Measures*? *Connections*, 28(1), 16–26.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press.