Institut Informatika & Bisnis DARMAJAYA
Yayasan Alfian Husin

SAINS DATA
Institut Informatika & Bisnis Darmajaya

Kampus Merdeka INDONESIA JAYA

MERDEKA BELAJAR

DATA SCIENCE DARMAJAYA
"YOUR BEST FUTURE IN DATA"

PERTEMUAN KE: 10

Network Analysis

KULIAH

OLEH: Nurjoko

[12-09-2023] | [KODE MK: SD230411 | MATAKULIAH: MATEMATIKA | SKS: 4 | VERSI: 01

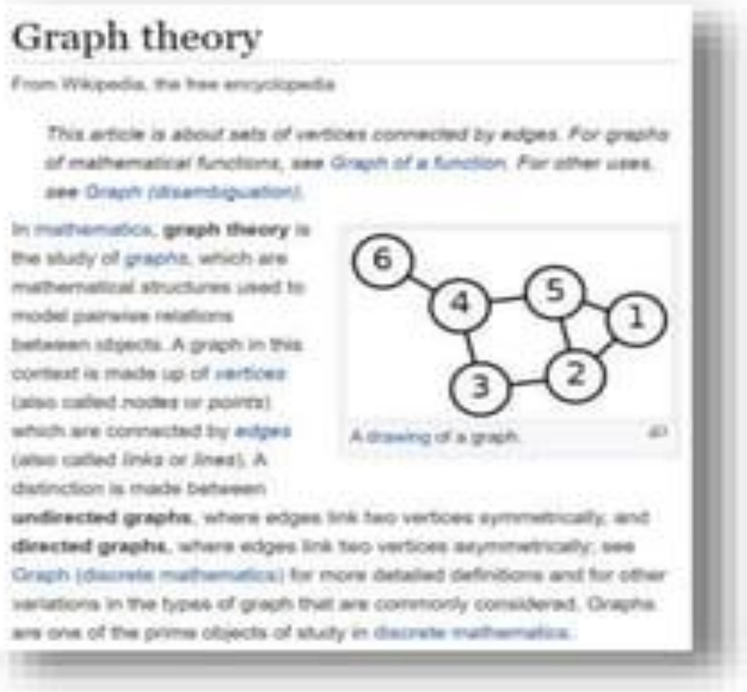
Learning Objectives

- Learning Objective 1
- Learning Objective 2
- Learning Objective 3
- Learning Objective 4
- Learning Objective 5
- Learning Objective 6
- Learning Objective 7
- Learning Objective8
- Learning Objective 9
- Learning Objective 10

PENGENALAN *NETWORK ANALYSIS*

- Analisis jaringan adalah studi yang berkaitan dengan pemahaman dan interpretasi struktur dan dinamika hubungan antar entitas yang saling terkait, yang sering kali direpresentasikan sebagai jaringan.
- Jaringan ini dapat mencakup berbagai entitas, seperti orang, organisasi, situs web, atau bahkan molekul dalam biologi.

Background: Network Analysis



Graph theory

From Wikipedia, the free encyclopedia

This article is about sets of vertices connected by edges. For graphs of mathematical functions, see Graph of a function. For other uses, see Graph (disambiguation).

In mathematics, **graph theory** is the study of graphs, which are mathematical structures used to model pairwise relations between objects. A graph in this context is made up of vertices (also called *nodes* or *points*) which are connected by edges (also called *links* or *lines*). A distinction is made between **undirected graphs**, where edges link two vertices symmetrically, and **directed graphs**, where edges link two vertices asymmetrically; see Graph (discrete mathematics) for more detailed definitions and for other variations in the types of graph that are commonly considered. Graphs are one of the prime objects of study in discrete mathematics.

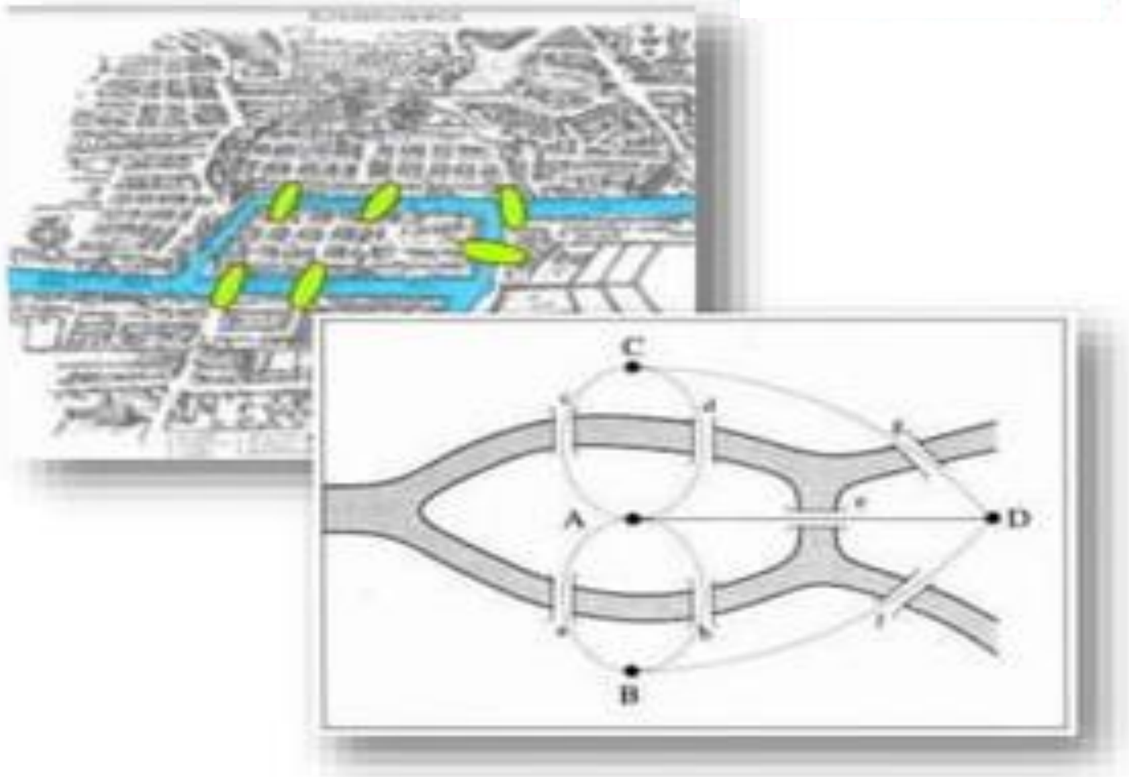
A drawing of a graph.

- Inti dari SNA adalah Network Analysis, yang mana Network Analysis tersebut merupakan pengembangan dari teori graf (*graph theory*)
  - Graph G =(V,E)
    - V = {a, b, c, d}
    - E = {{a,b},{a,c},{b,c},{c,d}}
- Teori graf menyediakan sekumpulan konsep abstrak dan metode untuk menganalisis suatu graf.
- Dengan kombinasi dengan alat analisis lain dan metode yang dikembangkan secara khusus, teori tersebut kemudian digunakan untuk untuk visualisasi dan analisis jaringan sosial (dan jaringan lainnya).

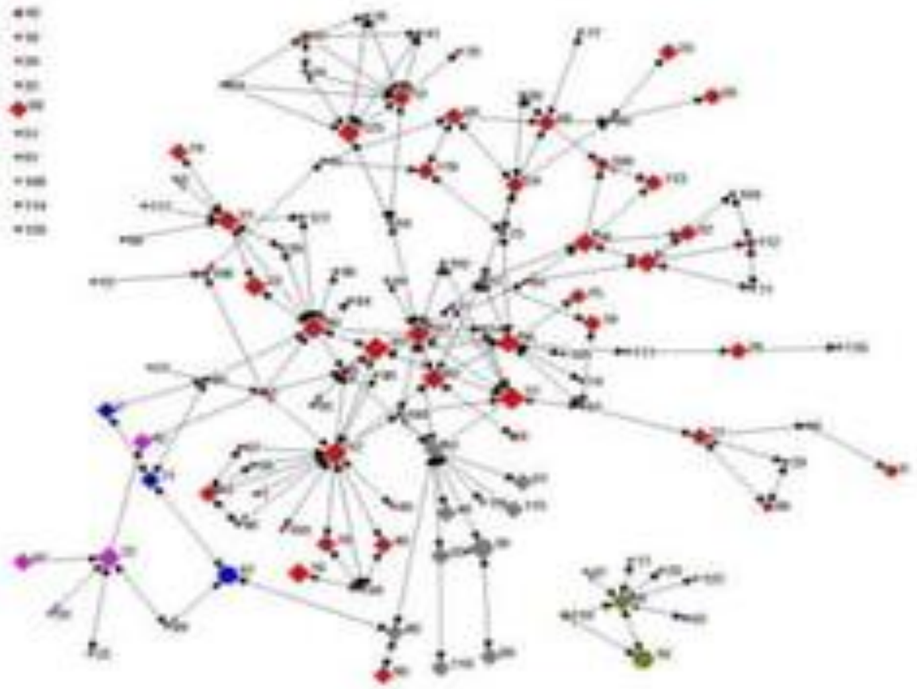
- Social Network Analysis
  - Analisis jaringan sosial adalah metode di mana seseorang dapat menganalisis koneksi antar individu dalam suatu kelompok/institusi/ organisasi dlsb.
  - Sangat baik untuk mendeskripsikan interaksi kompleks dan menjelaskan interkoneksi diantara entitas-entitas yang terlibat
  - Entitas bisa berupa apapun orang/manusia, benda atau bahkan hal abstrak seperti teks, gambar digital, dlsb

Early History of Graph and Network

- Contoh paling awal dari analisis jaringan berasal dari kota Königsberg (sekarang Kaliningrad).
- Kota Königsberg di Prusia terletak di kedua sisi Sungai Pregel, dan termasuk dua pulau besar yang dihubungkan satu sama lain dan daratan dengan tujuh jembatan.
- Kemudian muncul suatu challenge, bagaimana menemukan jalan mengelilingi kota dengan melintasi setiap jembatan hanya sekali saja.
- Ahli matematika terkenal Leonard Euler menggunakan grafik untuk membuktikan bahwa tidak ada jalur yang melintasi setiap jembatan kota hanya sekali (Newman et al, 2006).



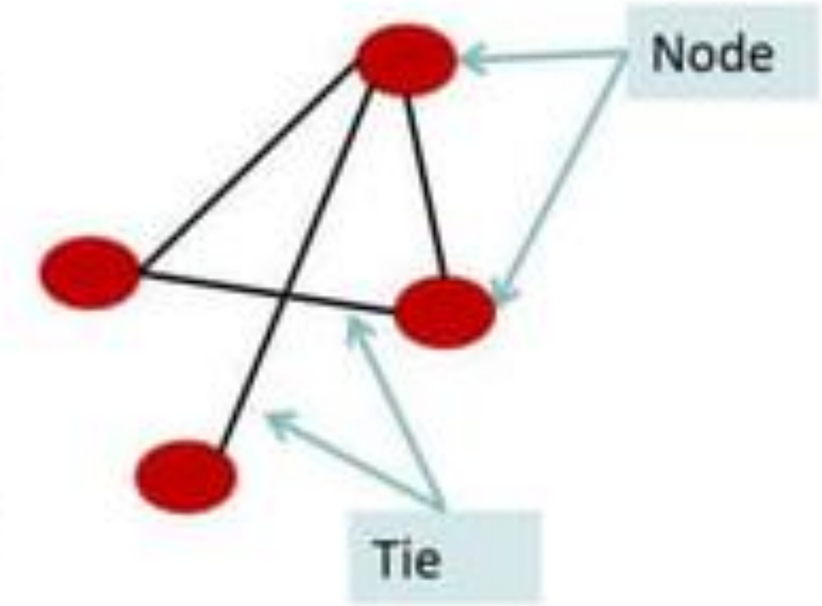
We Live in a Networks



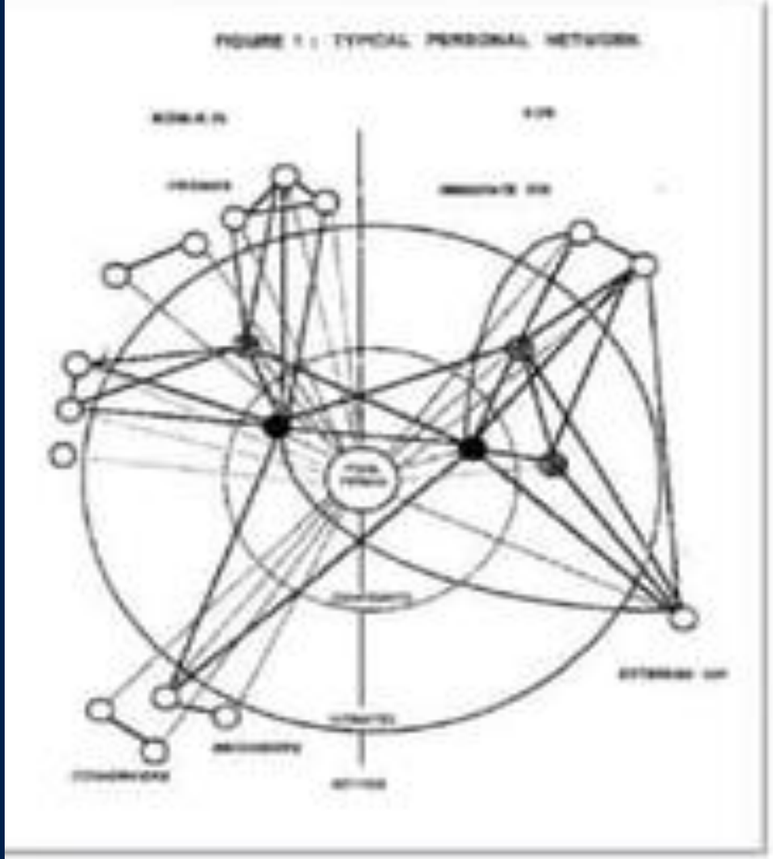
- Disadari atau tidak, kita hidup dalam "networked society" (organisasi, komunitas, tim/kelompok, dll)
- Struktur dari sebuah network, menunjukkan sebenarnya bagaimana sebuah networked society tersebut bekerja.
- Dengan memahami bagaimana struktur tersebut bekerja, kita akan mendapatkan perspektif yang lebih akurat untuk meningkatkan kinerjanya.
- Network Analysis atau Social Network Analysis merupakan alat bantu (tools) untuk memahami sebuah struktur network

Network Perspective

- Network adalah kumpulan entitas yang dihubungkan oleh sebuah relasi, misalnya
  - *People to people (friendship, shared interest, etc)*
  - *Group to group (membership intersection)*
  - *Organization to organization (trading, alliance, etc)*
  - *Hashtag to hashtag (co-occurence within same post)*
- *Strong network are correlated with health*
  - *People with stronger personal networks are more productive, happier,and better performers*
  - *Companies who know how to manage alliances are more flexible, adaptive and resilient*
  - *Our personal health and well-being is often tied to our social networks*



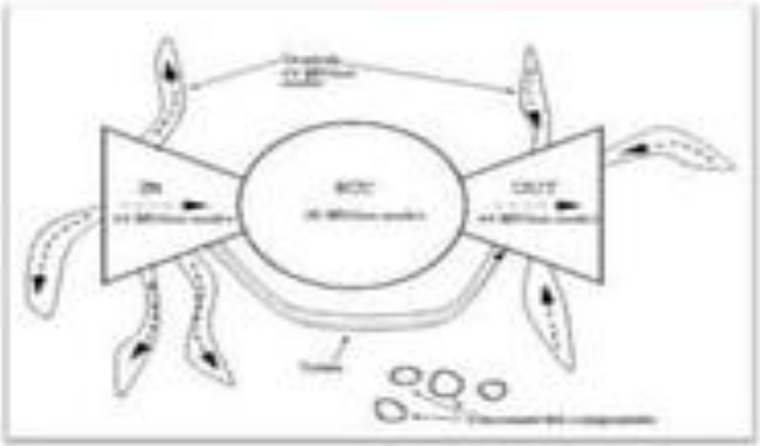
Network Analysis in Social Science



- *Network Analysis* memiliki sejarah panjang dalam ilmu sosial sehingga kemudian disebut *Social Network Analysis* (SNA), meskipun banyak pengembangan metodenya juga berasal dari ahli matematika, fisikawan, ahli biologi dan ilmuwan komputer.
- Dalam ilmu sosial SNA adalah perspektif unik tentang bagaimana sebuah kelompok/komunitas/masyarakat berfungsi/bekerja.
- Alih-alih berfokus pada individu dan atributnya, atau pada struktur sosial makroskopis, perspektif SNA berpusat pada hubungan antara individu, kelompok, atau institusi sosial.
- Hal ini relevan dengan istilah "Networked Society" yang dicetuskan oleh Manuel Castells
- Gambar disamping adalah gambaran awal dari apa yang disebut dengan jaringan 'ego' (*ego network*). Grafik menggambarkan kekuatan relasi yang bervariasi melalui lingkaran konsentris dari sebuah komunitas yang berpusat pada seorang *leader* (Wellman, 1998)

Practical Application

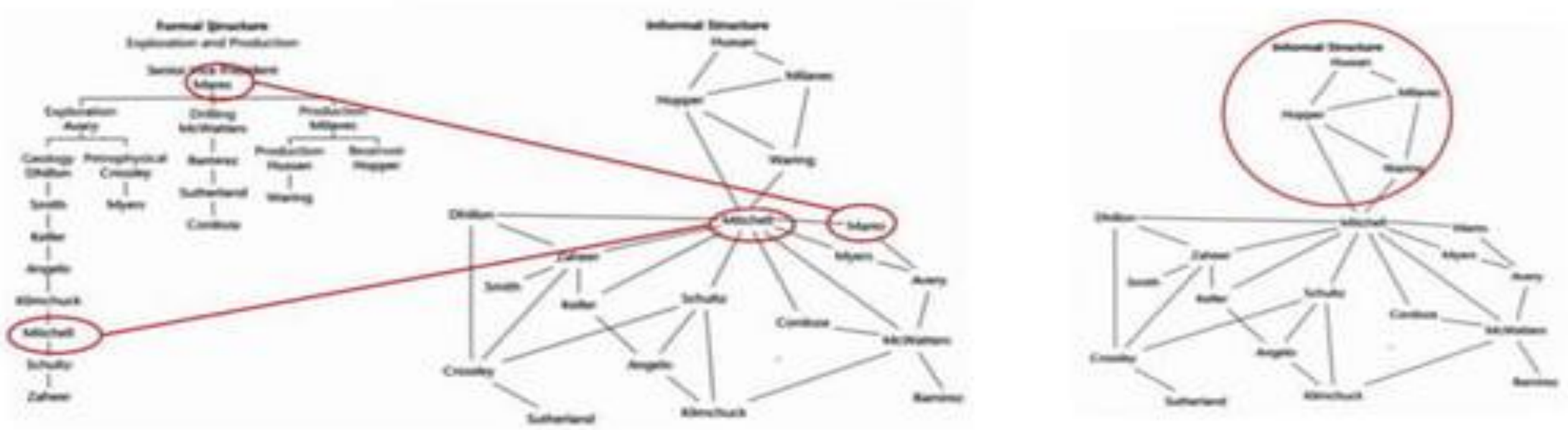
- Meskipun aplikasi utamanya adalah pada studi mengenai struktur relasi yang digenerate oleh manusia. SNA hingga saat ini telah diaplikasikan di berbagai domain di luar social science.
- Contohnya, computer scientis menggunakan dan bahkan mengembangkan metode SNA (network analysis) untuk melakukan penelitian pada webpages, trafik internet, diseminasi informasi, dlsb.
- Contoh lain pada bidang life science adalah penggunaan SNA untuk mempelajari rantai makanan pada berbagai jenis ekosistem
- Di bidang matematika dan fisika teori saat ini salah satu trend risetnya adalah memproduksi *new complex method* untuk mengeksplorasi suatu network, termasuk SNA. Dan metode-metode tersebut dapat digunakan di berbagai domain dengan objek yang relevan



Dalam contoh ini, para peneliti mengumpulkan data dalam jumlah yang sangat besar pada tautan antar halaman web dan menemukan bahwa Web terdiri dari inti halaman yang saling terkait secara padat, sementara sebagian besar halaman web lain memiliki tautan atau ditautkan dari inti tersebut. Itu adalah salah satu wawasan pertama ke dalam skala sangat besar yang dibuat oleh manusia (Broder et al. 2000).

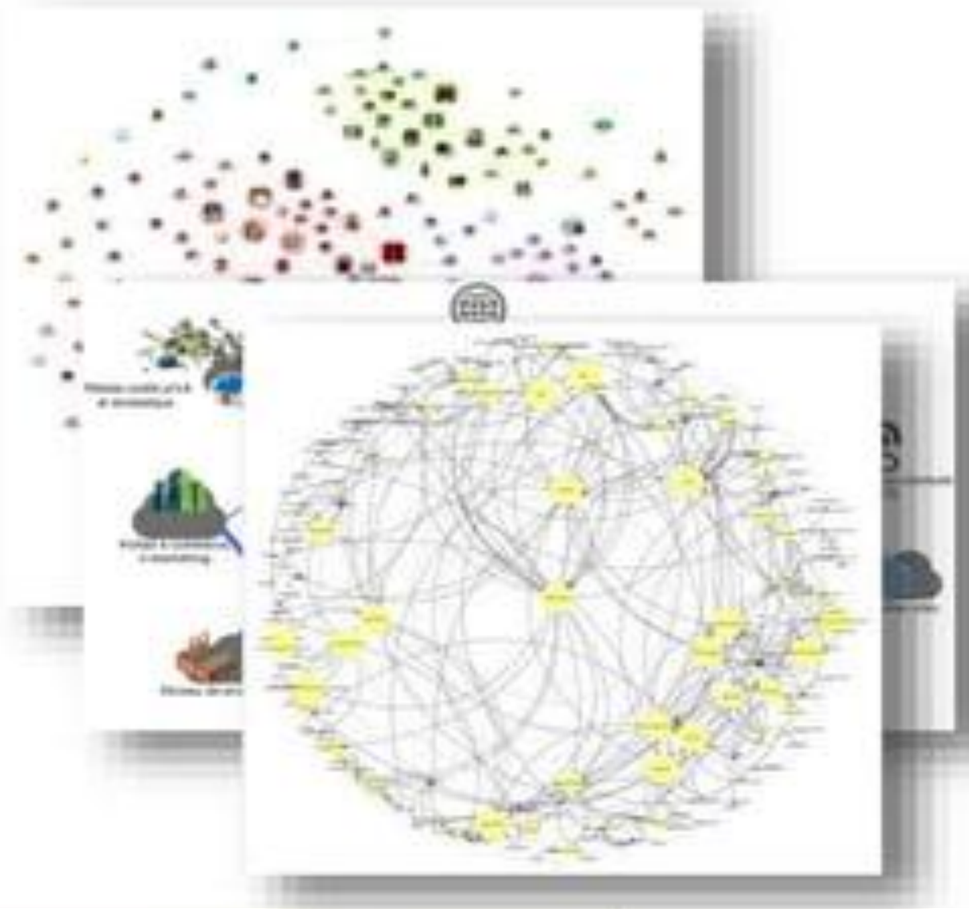
Practical Application

- Dalam organisasi bisnis SNA dapat digunakan untuk menganalisis dan meningkatkan efektifitas pola (flow) komunikasi baik secara internal, maupun eksternal organisasi



Sumber: The Organizational Network Fieldbook, Rob Cross et al, Jossey-Bass 2010

Another Practical Applications



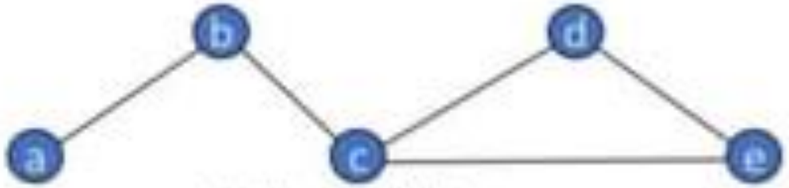
- Platform jejaring sosial seperti Facebook menggunakan elemen-elemen dasar dari SNA untuk mengidentifikasi dan merekomendasikan *potential friends* dari jejaring pertemanan.
- Operator jaringan telekomunikasi menggunakan metode berbasis SNA untuk mengoptimasi struktur dan kapasitas jaringan yang mereka miliki
- Aparat penegak hukum dan militer menggunakan SNA untuk mengidentifikasi jejaring kriminal dan teroris dengan memetakan data komunikasi yang berhasil dikumpulkan kedalam suatu jaringan dan kemudian mengidentifikasi key player dalam jaringan tersebut.

Main Use Case of SNA

- Ketika ingin memvisualisasikan data untuk menemukan pola tertentu dari suatu relasi atau interaksi
  - Misalnya untuk menginvestigasi suatu jejaring sosial baik online maupun offline dengan tujuan untuk memahami bagaimana cara meningkatkan efektifitas dari jejaring tersebut
- Ketika ingin mengikuti/mengenali bagaiman suatu informasi/isu/ objek mengalir (*propagate*) dalam suatu jejaring
  - Misalnya untuk menganalisis Social Networking Service (SNS), Online Community dan media sosial secara umum misalnya untuk mengidentifikasi penyebab perpecahan dalam suatu komunitas/jaringan sosial, mendorong growth dari suatu komunitas online, dlsb

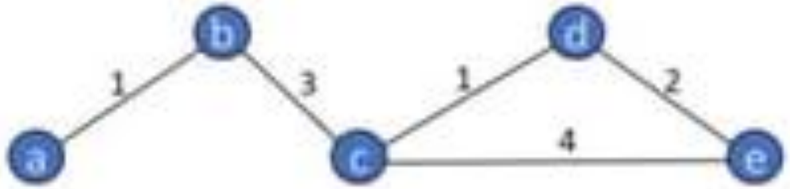
Network Representation

- Merepresentasikan relasi dalam suatu jaringan (*network*)
  - Unit of interest dari network adalah kumpulan aktor dan relasinya yang digabungkan.
  - Aktor direpresentasikan dalam *node* dan dan relasi dalam garis/*edge*.
  - *Edge* dapat mewakili interaksi, arus informasi, persamaan, hubungan sosial, dlsn
  - Secara umum, suatu relasi dapat berupa *binary* atau *weighted* dan *directed* atau *undirected*

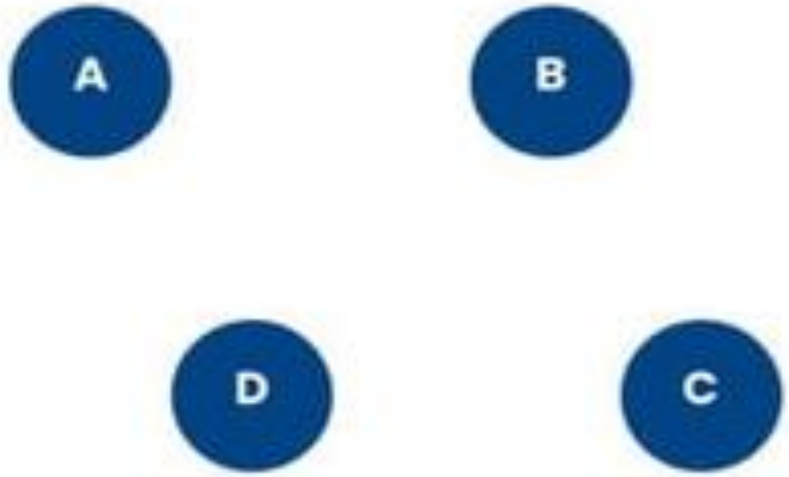


Undirected, binary

Directed, binary



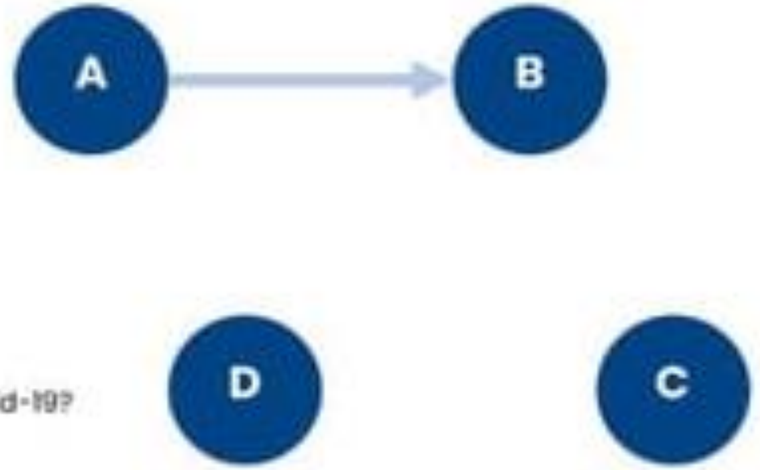
Network Representation



Source & Copyright: Technaut Education (www.technaut.co)

Network Representation

Arya : Bella, coba tanya Cristo dan Desi, mereka sudah tahu pencegahan covid-19?

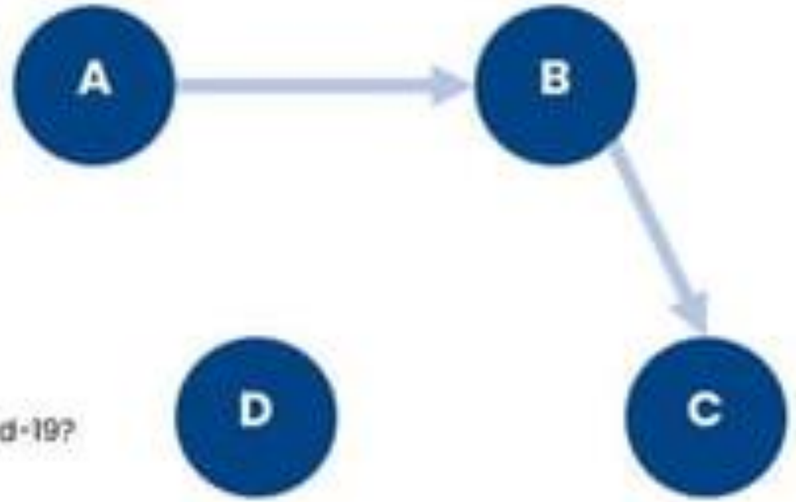


Source & Copyright: Technaut Education (www.technaut.co)

Network Representation

Arya : Bella, coba tanya Cristo dan Desi, mereka sudah tahu pencegahan covid-19?

Bella : Cristo, kamu udah tau belum kalau covid-19 bisa dicegah?



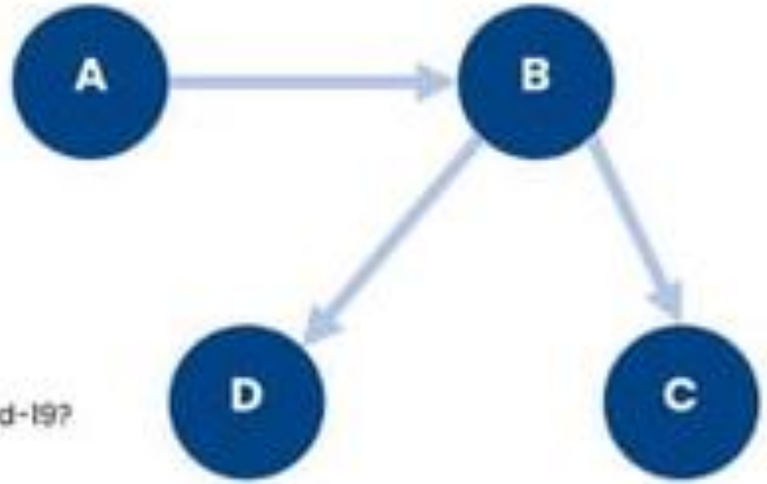
Source & Copyright: Technaut Education (www.technaut.co)

Network Representation

Arya : Bella, coba tanya Cristo dan Desi, mereka sudah tahu pencegahan covid-19?

Bella : Cristo, kamu udah tau belum kalau covid-19 bisa dicegah?

Bella : Kalau Desi udah tau?



Source & Copyright: Technaut Education (www.technaut.co)

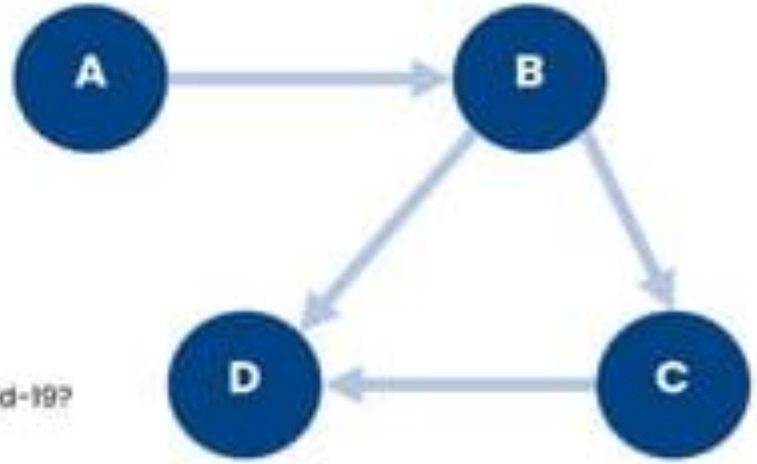
Network Representation

Arya : Bella, coba tanya Cristo dan Desi, mereka sudah tahu pencegahan covid-19?

Bella : Cristo, kamu udah tau belum kalau covid-19 bisa dicegah?

Bella : Kalau Desi udah tau?

Cristo : Desi, covid-19 dicegah pakai social distancing dan cuci tangan



Source & Copyright: Technaut Education (www.technaut.co)

Network Representation

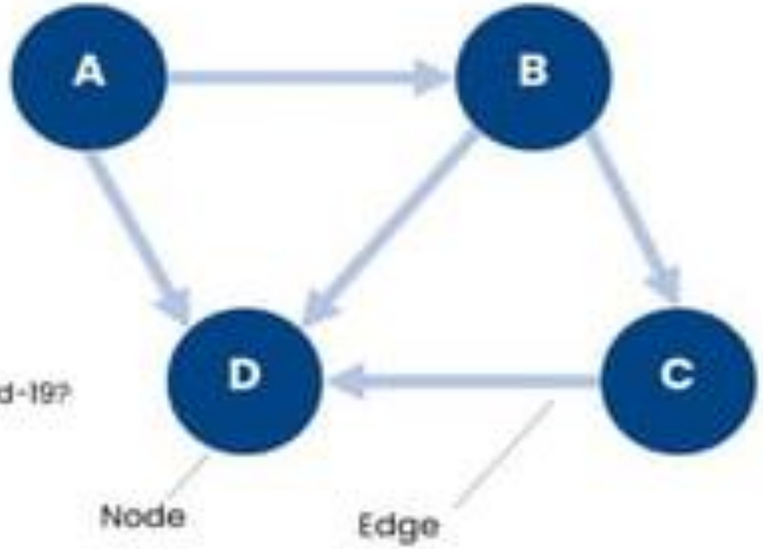
Arya : Bella, coba tanya Cristo dan Desi, mereka sudah tahu pencegahan covid-19?

Bella : Cristo, kamu udah tau belum kalau covid-19 bisa dicegah?

Bella : Kalau Desi udah tau?

Cristo : Desi, covid-19 dicegah pakai *social distancing* dan cuci tangan

Arya : Ayo kita cegah penyebaran covid-19 yah Desi!

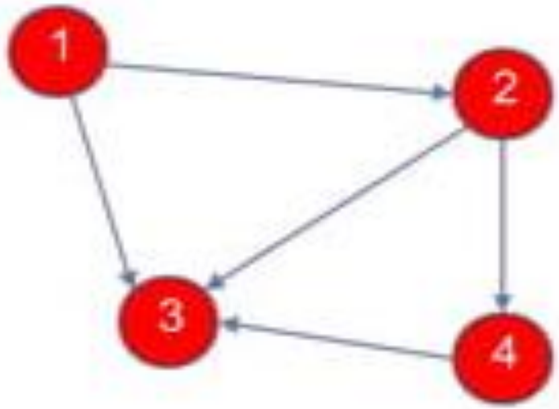


Source & Copyright: Technaut Education (www.technaut.co)

Network Representation

- Directed Graph

Graph (directed)



Vertex	Vertex
1	2
1	3
2	3
2	4
3	4

Edge list

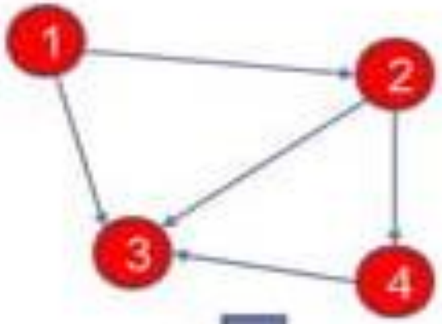
Adjacency matrix

Vertex	1	2	3	4
1	-	1	1	0
2	0	-	1	1
3	0	0	-	0
4	0	0	1	-

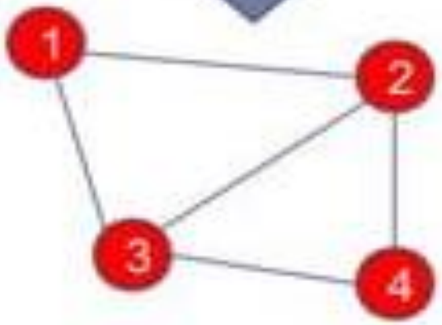
Network Representation

- Undirected Graph

Directed
(who contact whom)



Undirected
(who knows whom)



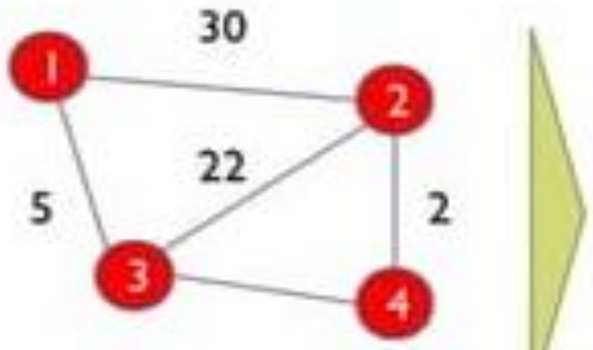
Vertex	Vertex
1	2
1	3
2	3
2	4
3	4

Adjajcency list masih sama

Adjacency matrix becomes symmetric

Vertex	1	2	3	4
1	-	1	1	0
2	1	-	1	1
3	1	1	-	1
4	0	1	1	-

Defining Weights of Edges



Edge list: add column of weights

Vertex	Vertex	Weight
1	2	30
1	3	5
2	3	22
2	4	2
3	4	37

Adjacency matrix: add weights instead of 1

Vertex	1	2	3	4
1	-	30	5	0
2	30	-	22	2
3	5	22	-	37
4	0	2	37	-

Weights dapat berupa:

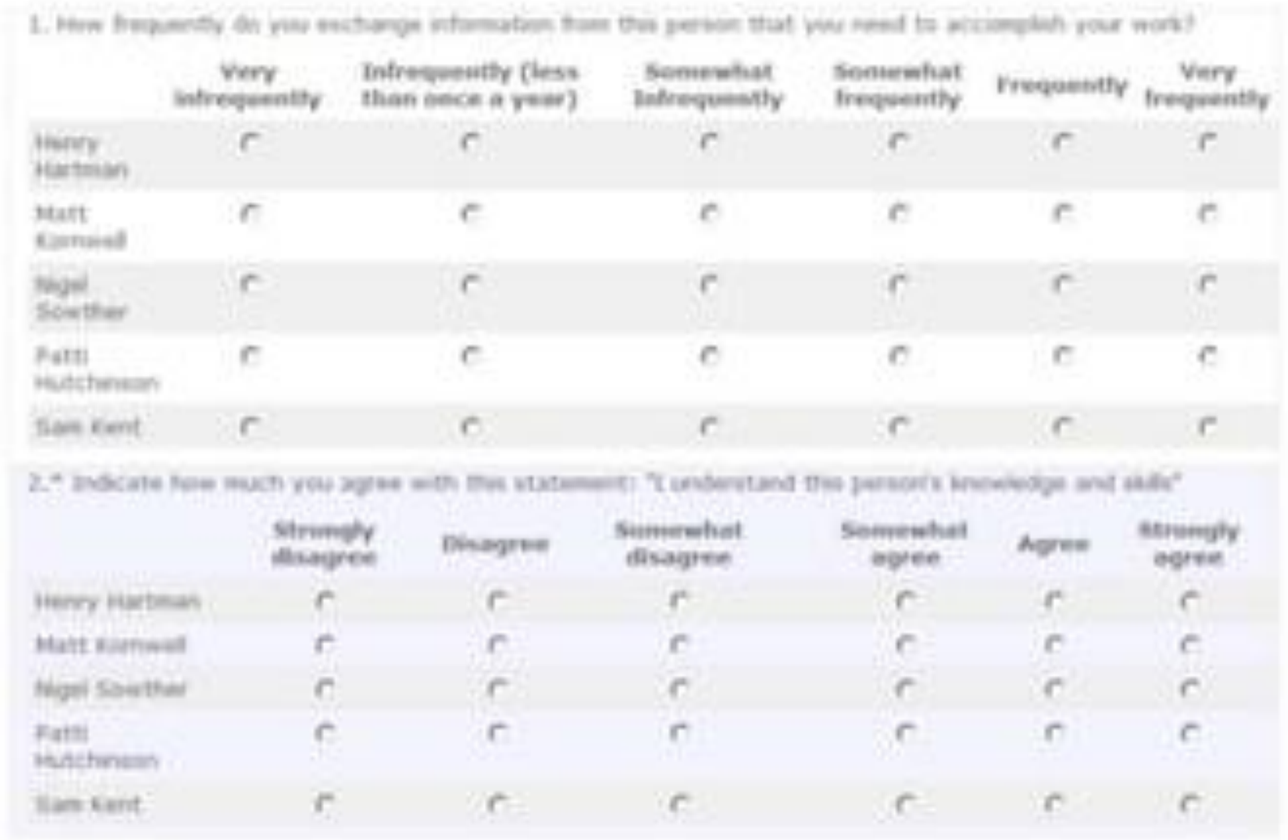
- *Frequency of interaction in period of observation*
- *Number of items exchanged in period*
- *Individual perceptions of strength of relationship*
- *Costs in communication or exchange, e.g.*

Edge Weights as Relationship Strength

- Edge dapat mewakili interaksi, arus informasi atau barang, kesamaan/afiliasi, atau hubungan sosial
- Khusus untuk hubungan sosial, sebuah *"proxy"* untuk kekuatan suatu ikatan dapat berupa:
  - frekuensi interaksi (komunikasi)
  - jumlah aliran (pertukaran) timbal balik dalam interaksi
  - jenis interaksi atau aliran antara dua pihak (mis., intens atau tidak)
  - atribut lain dari node atau ikatan (misalnya, hubungan kerabat)
  - struktur lingkungan node (mis. banyak 'teman' bersama)
- Metode survei, observasi dan wawancara memungkinkan kita untuk menentukan kekuatan dari sebuah relasi secara lebih pasti/akurat.

Data Acquisition & Weight Formulation

- Data Acquisition
  - Plaftorm Jejaring Sosial (Facebook, Instagram, Twitter, dll)
    - Friendships, Follows
    - Likes, Comments
    - Mention
    - Co-occurence Hashtags, etc
    - Shared interest
  - Survey, Observasi, dlsb
- Weight Formulation.
  - Single (Satu relasi satu atribut)
  - Multiple (Satu relasi banyak atribut). Sangat tergantung dari hubungan antar masing-masing atribut relasi
    - Simple math (tambah, kurang, bagi, kali, jumlah, rerata)
    - Complex math model



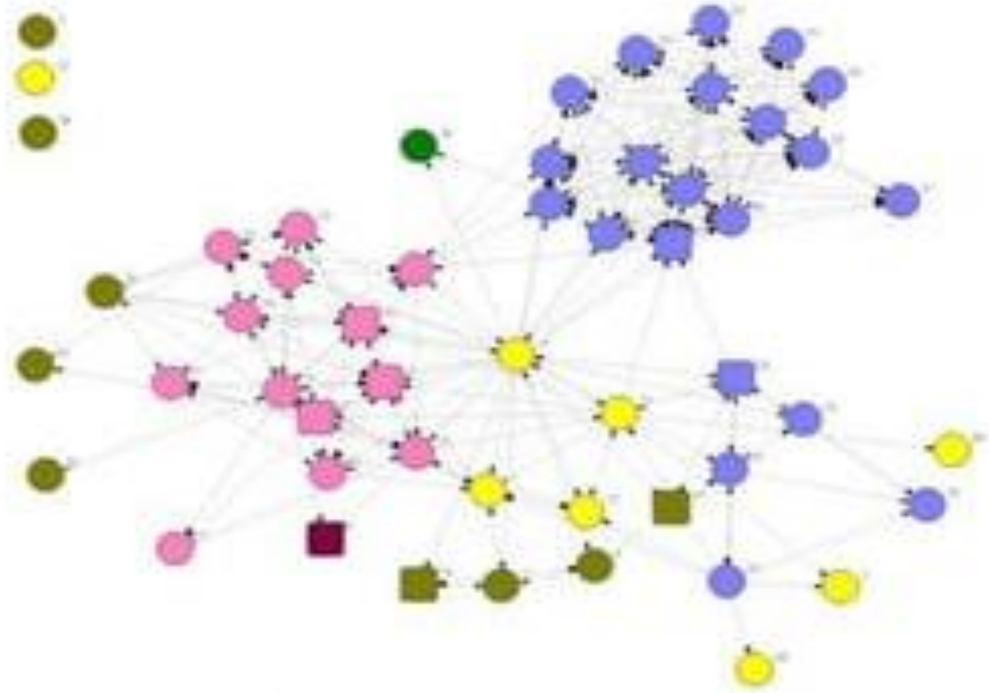
1. How frequently do you exchange information from this person that you need to accomplish your work?

	Very infrequently	Infrequently (less than once a year)	Somewhat infrequently	Somewhat frequently	Frequently	Very frequently
Henry Hartman						
Matt Kornwall						
Nigel Sowther						
Patti Hutchinson						
Sam Kent						

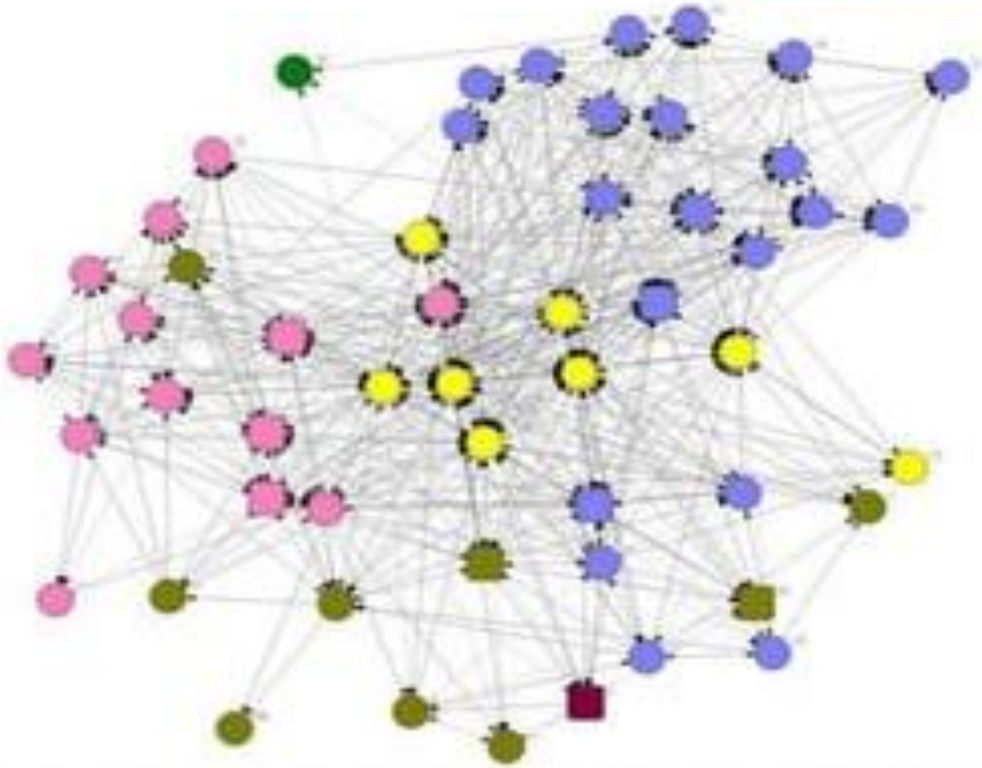
2.* Indicate how much you agree with this statement: "I understand this person's knowledge and skills"

	Strongly disagree	Disagree	Somewhat disagree	Somewhat agree	Agree	Strongly agree
Henry Hartman						
Matt Kornwall						
Nigel Sowther						
Patti Hutchinson						
Sam Kent						

Edges and Their Weight are the Key



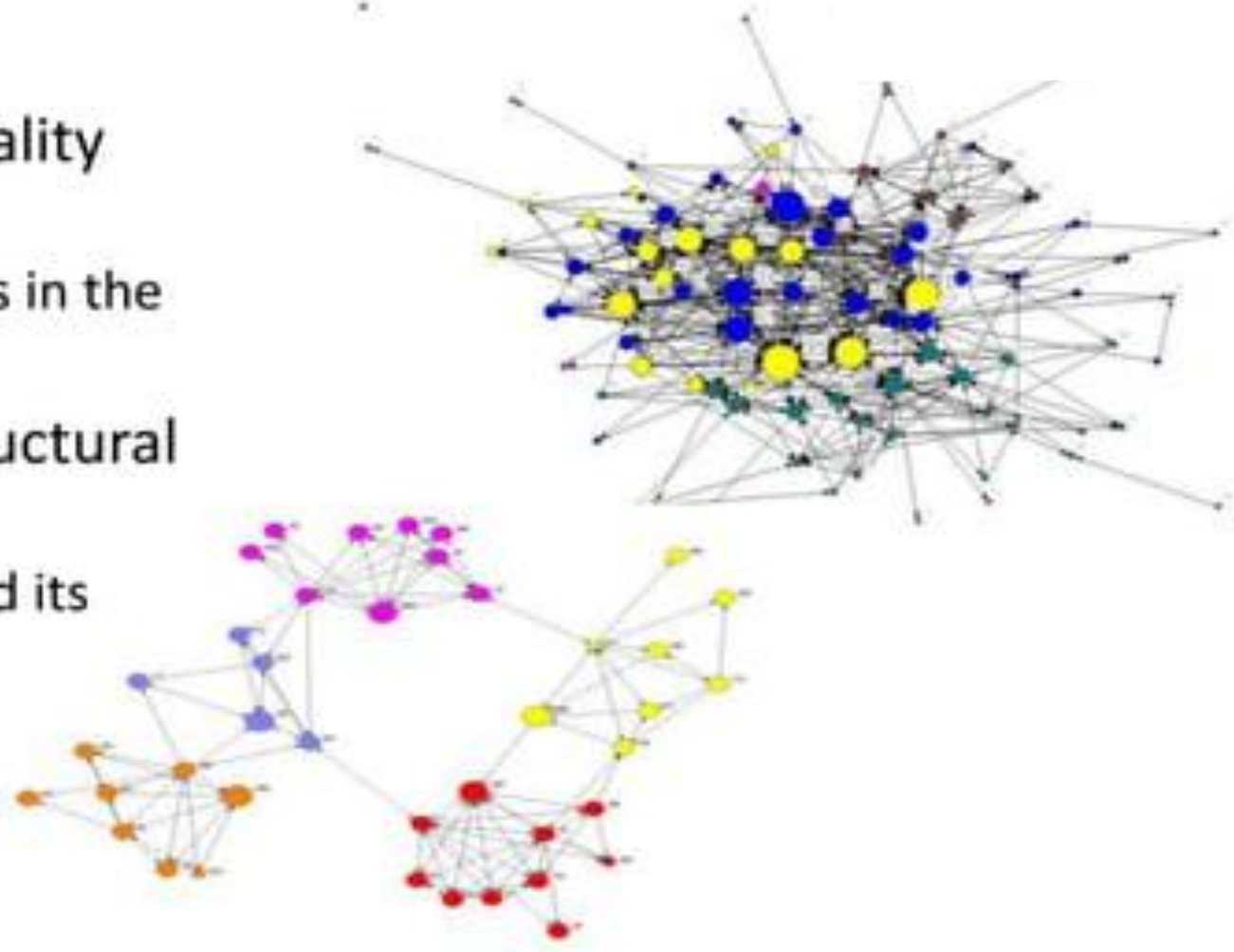
From Question: "I interact with this person somewhat frequently"

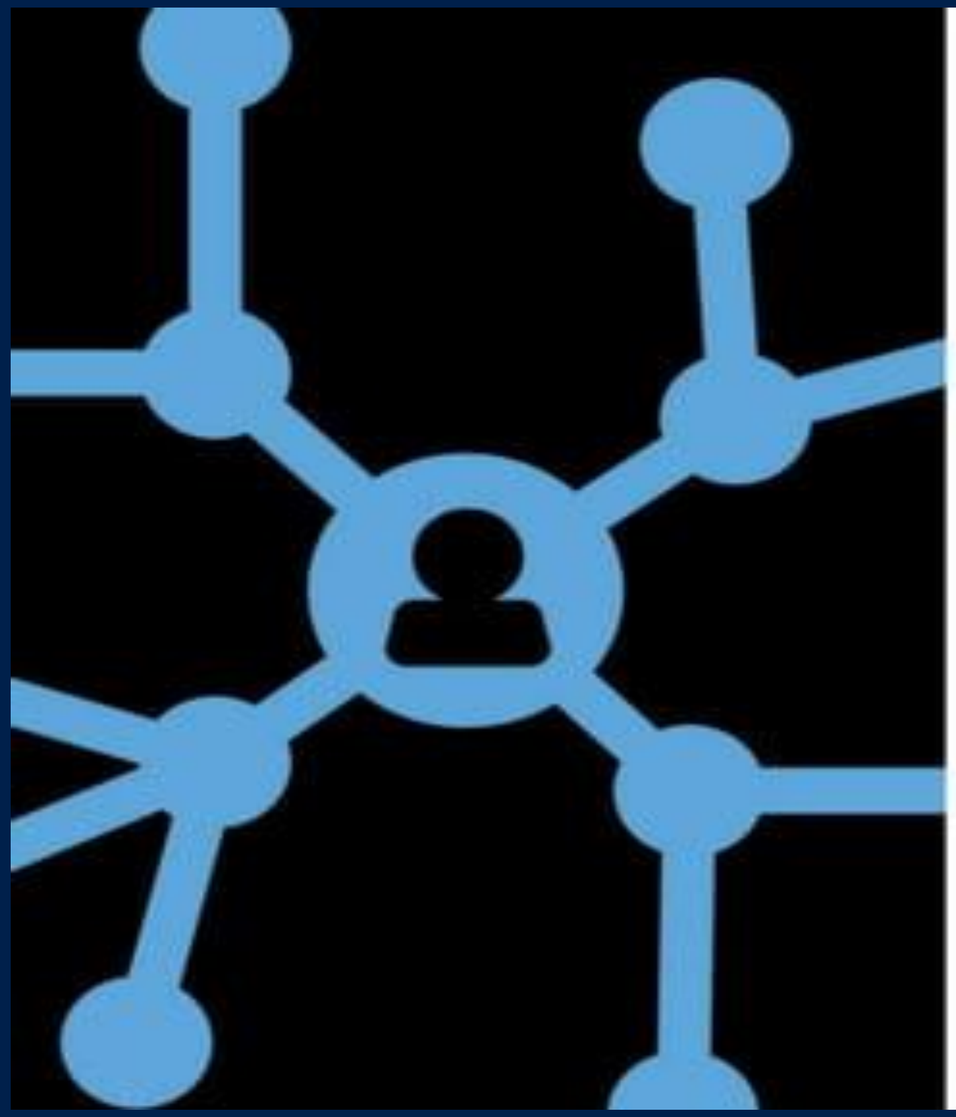


From Question: "I understand this person's knowledge and skills " (Agree or Strongly Agree)"

Quantitatve Measure of SNA

- Measuring individuals (Centrality Metrics)
  - Look at positions of individuals in the network
- Measuring the networks (Structural Metrics)
  - Look at the whole network and its components



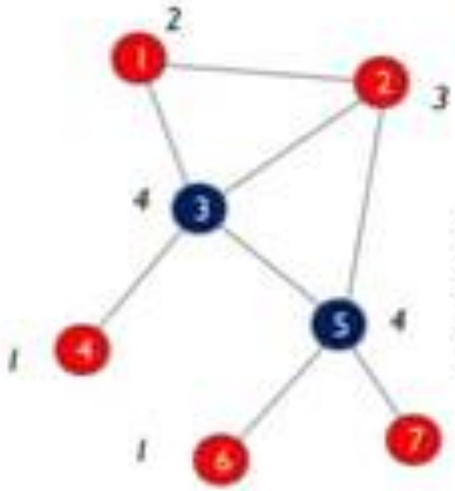


Measuring the Individual :: Centraility

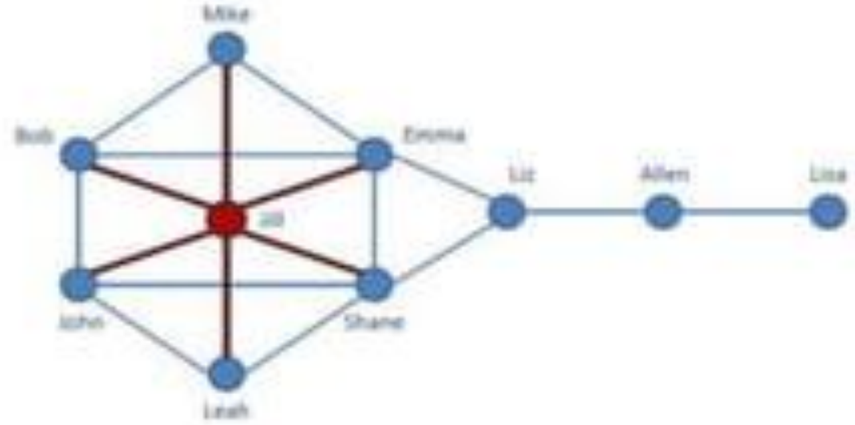
- Pengukuran untuk mengidentifikasi *key player* (*vocal point*) dalam suatu network dengan berbagai macam perspektif (ukuran).
- *Conceptually, centrality is straight forward: we want to identify which nodes are in the 'center' of the network.*
  - *In practice, identifying exactly what we mean by 'center' is somewhat complicated.*
- *Measure of centrality*: ***Degree centrality, Betweeness centrality, Closeness centrality, Eigenvector centrality***

Degree Centrality

- Degree centrality adalah jumlah link yang masuk (*in-degree*) atau keluar (*out-degree*) dari sebuah node
- Dalam graf yang tidak berarah (*undirected*) *in-degree* dan *out-degree* identik
- Sering digunakan sebagai ukuran tingkat keterhubungan sebuah node dengan *immediate neighbours* (popularitas, influence, dll).
- Berguna dalam menilai node mana yang menjadi ***key player*** dalam penyebaran informasi dan mempengaruhi orang lain di lingkungan (*neighborhood*) sekitar mereka

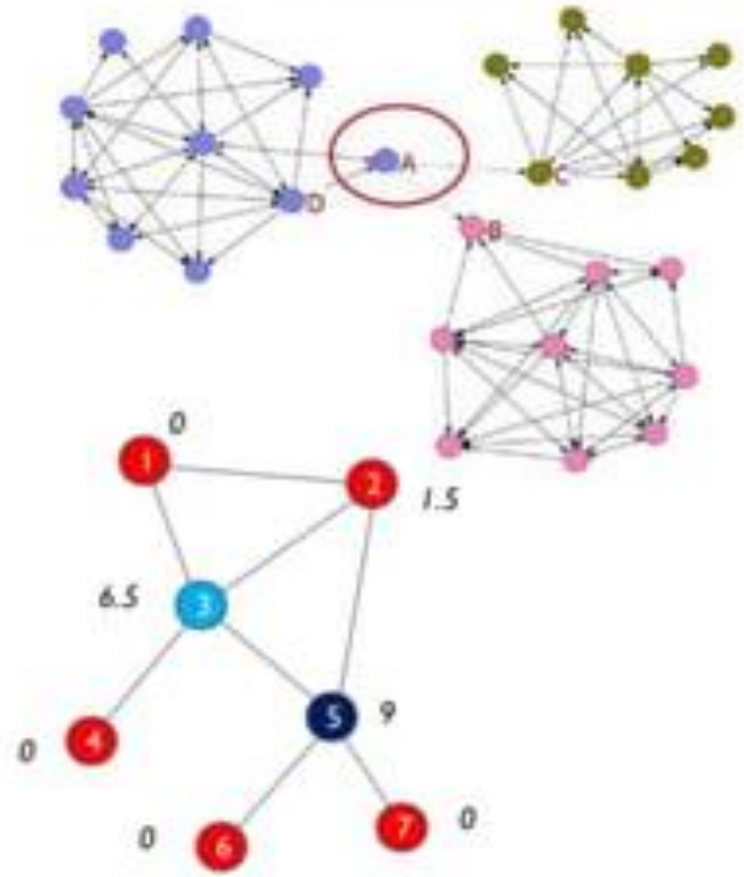


Node 3 dan 5 memiliki Degree centrality tertinggi (4)



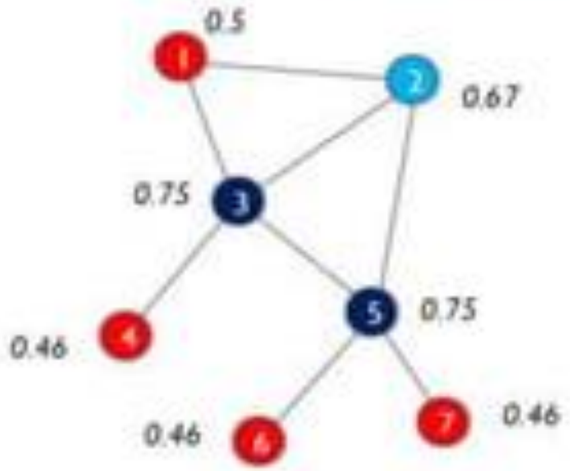
Betweeness Centrality

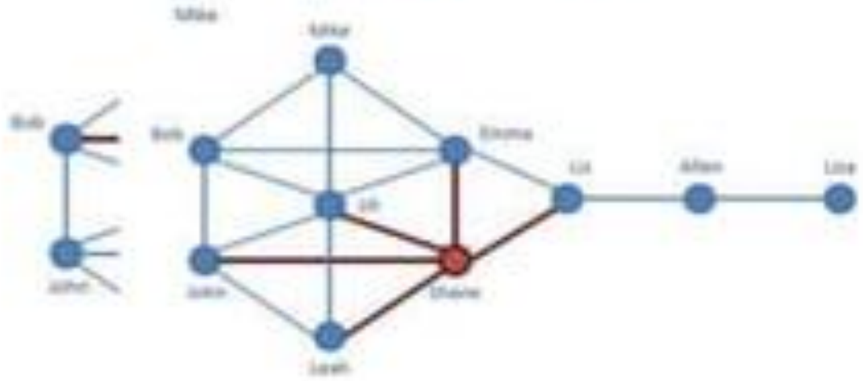
- Menunjukkan node mana yang berada di jalur komunikasi diantara dua atau lebih kelompok node (*sub-graphs*) yang secara struktur terpisah.
- Edge dengan skor sentralitas beetweness tinggi berpotensi berada pada posisi yang sangat kuat dan titik di mana jaringan akan pecah
- Cara menghitungnya:
  - Untuk node tertentu v, hitung jumlah jalur terpendek antara node i dan j yang melewati v, dan bagi dengan semua jalur terpendek antara node i dan j
  - Jumlahkan nilai di atas untuk semua pasangan node i, j
  - Memungkinkan untuk dilakukan dinormalisasi sehingga nilai tertinggi adalah 1 atau jumlah semua sentralitas antara dalam jaringan adalah 1



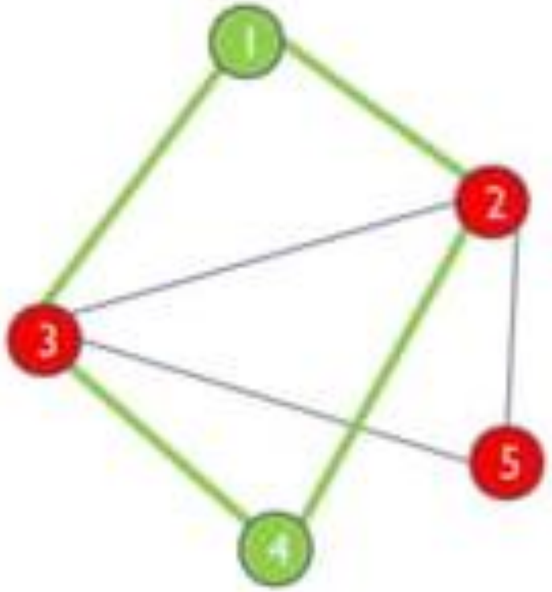
Closeness Centrality

- Closeness centrality adalah ukuran jangkauan (*reach*), yaitu seberapa jauh suatu informasi yang berasal dari sebuah node dapat mencapai node lain dalam satu jaringan.
- Bisa juga untuk mengukur seberapa cepat informasi dapat menyebar dari node asal ke node lainnya.
- Cara menghitungnya
  - Hitung panjang rata-rata dari semua jalur terpendek dari satu node ke semua node lain dalam jaringan (yaitu, berapa banyak lompatan rata-rata yang diperlukan untuk mencapai setiap node lain)
  - Ambil kebalikan dari nilai di atas sehingga nilai yang lebih tinggi menjadi 'lebih baik' (menunjukkan kedekatan yang lebih tinggi) seperti dalam ukuran sentralitas lainnya





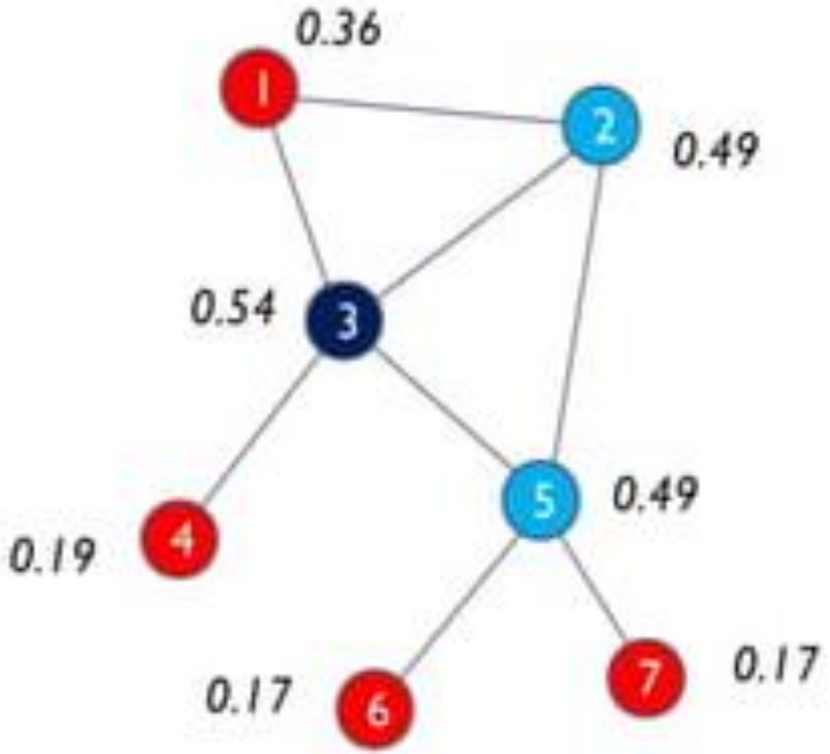
Paths and shortest paths



- Jalur (path) antara dua node adalah urutan node yang tidak berulang yang menghubungkan dua node
- Jalur terpendek (shortest path) antara dua node adalah jalur yang menghubungkan dua node dengan jumlah edge terpendek (disebut juga jarak antar node)
- Pada contoh di sebelah kanan, antara node 1 dan 4 ada dua jalur terpendek dengan panjang 2: {1,2,4} dan {1,3,4}
- Jalur lain yang lebih panjang antara dua node adalah {1,2,3,4}, {1,3,2,4}, {1,2,5,3,4} dan {1,3,5,2,4} (jalur terpanjang)
- Jalur yang lebih pendek dibutuhkan ketika ingin mengetahui kecepatan maksimum yang dapat dicapai dari suatu komunikasi, penyebaran informasi, dlsb (misal. Penyebaran virus/penyakit menular)

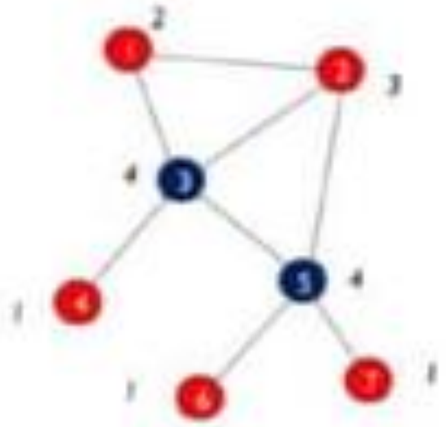
Eigenvector Centrality

- Eigenvector centrality berguna dalam menentukan node yang paling terkoneksi dengan node dengan eigenvector yang tinggi dalam suatu jaringan (versi lebih advance dari degree centrality)
- Eigenvector centrality dari sebuah node adalah proporsi jumlah (proportion of sum) dari eigenvector centrality node-node lain yang terhubung dengannya.
- Dengan kata lain, node dengan sentralitas vektor eigen tinggi dihubungkan ke node lain dengan sentralitas vektor eigen tinggi.
  - Hal ini mirip dengan cara Google memberi peringkat halaman web. Yakni ranking dari sebuah halaman web tergantung dari backlink yang diterima oleh halaman web tersebut.

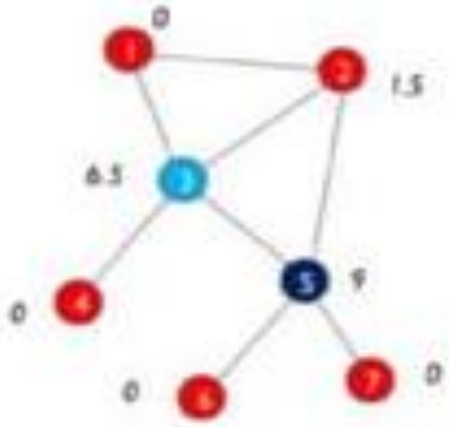


Intepretation of Centrality (1)

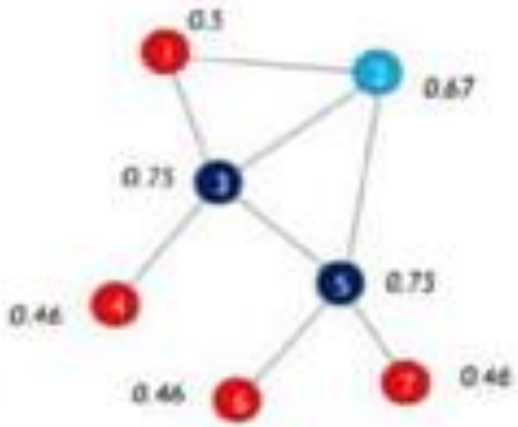
- Siapakah yang paling berperan/berpengaruh dalam penyebaran informasi?



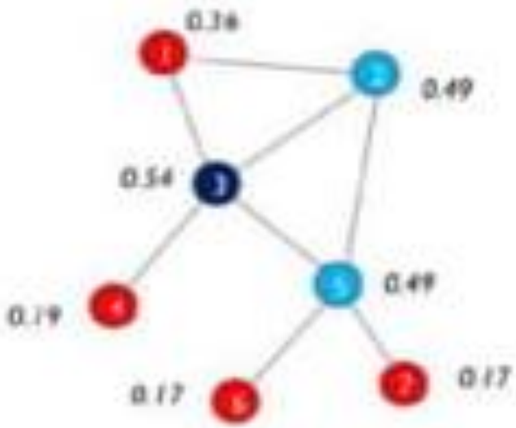
Degree
Most friends, Most popular person



Betweenness
Power in the transmission of information



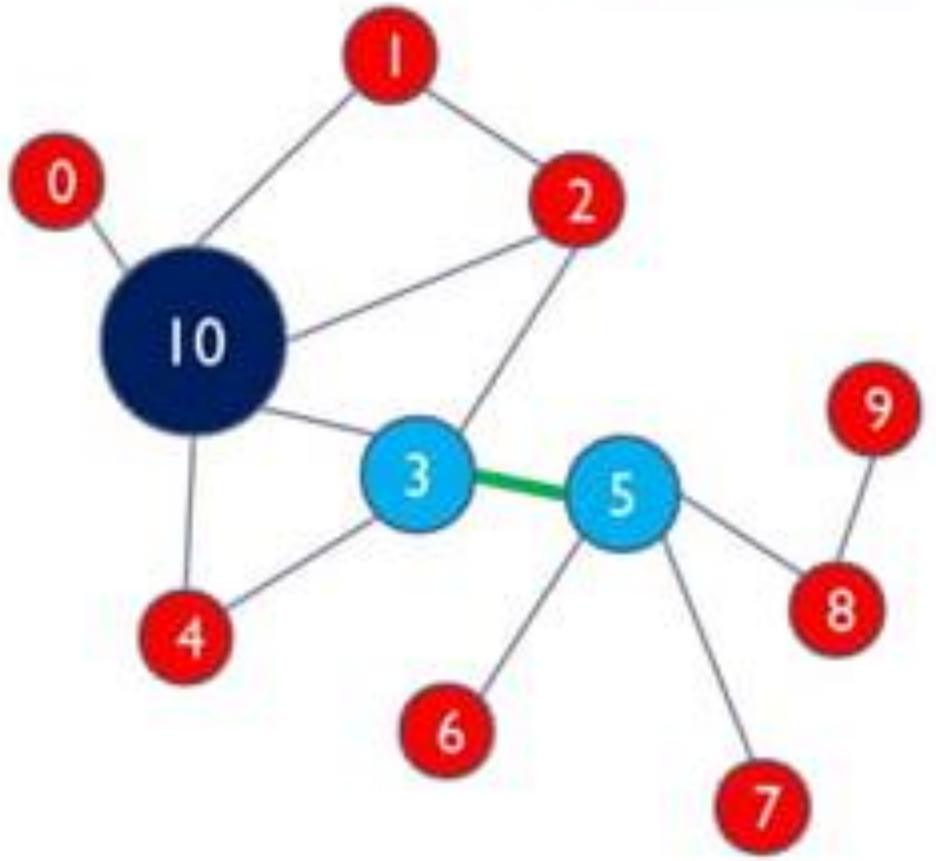
Closeness
Can quickly reach the whole group (directly or indirectly)



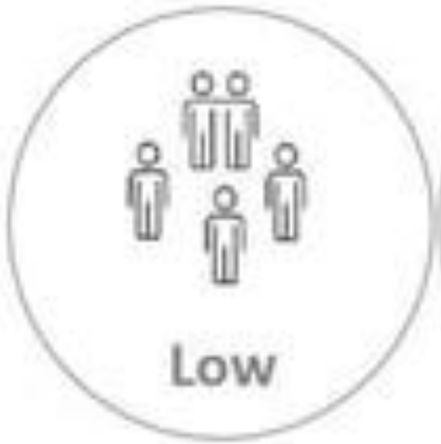
Eigenvector Centrality
Most connection to another influential nodes

Comparing Centrality (2)

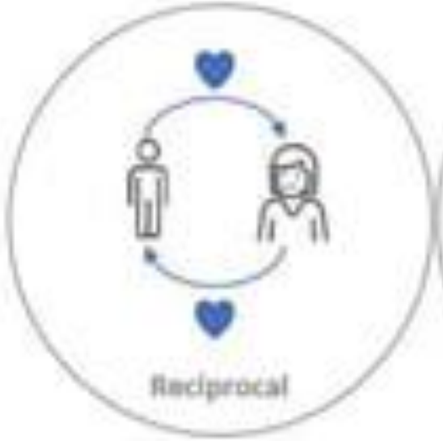
- Dalam network di sebelah kanan, node 10 adalah yang paling sentral menurut degree centrality
- Tetapi node 3 dan 5 sama-sama akan menjangkau lebih banyak node
- Selain itu, ikatan di antara 3 dan 5 sangat penting; jika terputus, jaringan akan terbagi menjadi dua sub-jaringan yang terisolasi
- Oleh karena itu node 3 dan 5 dianggap lebih 'kunci' untuk network tersebut daripada node 10



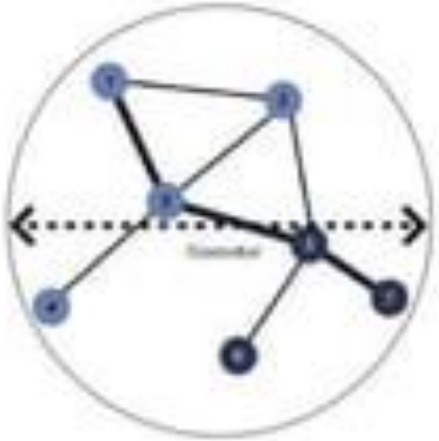
Measuring The Network



Network Density: Rasio jumlah relasi di dalam jaringan jumlah total kemungkinan relasi



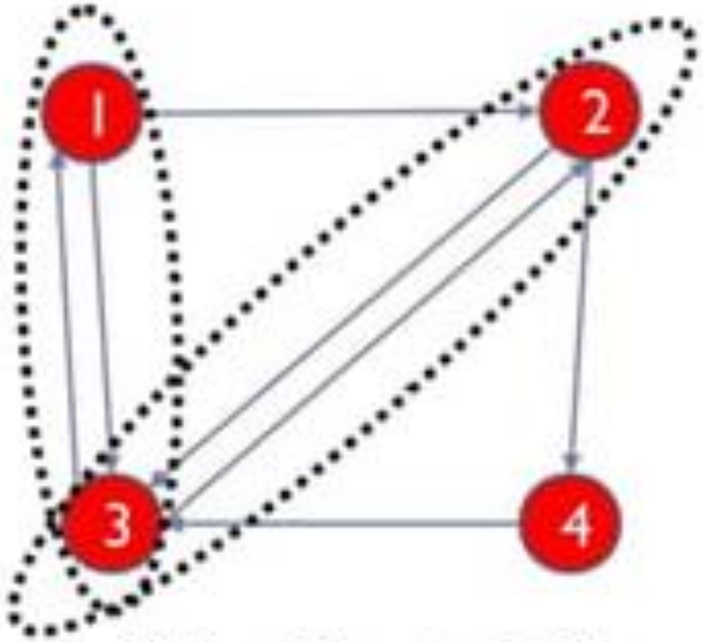
Reciprocity: Rasio hubungan/relasi timbal balik (dalam directed network) dengan jumlah total kemungkinan relasi



Network Diameter: Jarak terjauh dua node dalam jaringan

Reciprocity (Degree of)

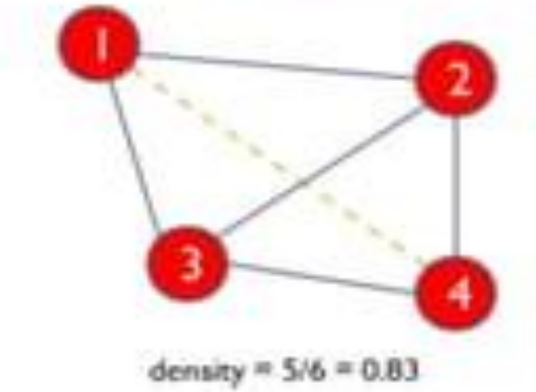
- Reciprocity adalah indikator yang berguna untuk mengukur tingkat mutualitas atau hubungan timbal balik antar node dalam suatu jaringan berarah (*directed graph/network*).
- Reciprocity dihitung dari rasio jumlah relasi yang antar node yang saling berimbal balik terhadap jumlah total relasi dalam jaringan
- Dalam contoh di sebelah kanan ini adalah 2/5 = 0,4 (apakah ini dianggap tinggi atau rendah tergantung pada konteksnya)



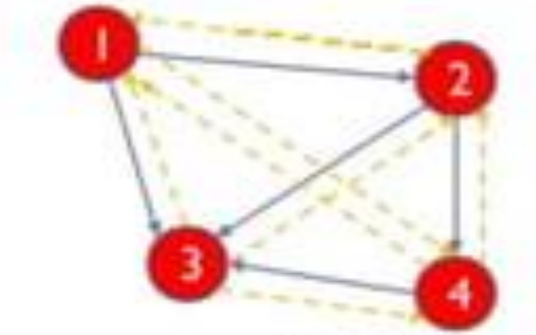
Reciprocity for network = 0.4

Network Density

- Network density adalah ukuran kepadatan. Mengindikasikan seberapa erat antar node dalam satu jaringan saling berelasi satu sama lain.
- Network Density adalah indikator umum tentang seberapa baik koneksi jaringan (dengan kata lain, seberapa erat kaitannya) - jaringan yang terhubung sempurna disebut klik dan memiliki kepadatan = 1
- Network Density adalah rasio jumlah relasi/edge dalam jaringan terhadap jumlah total terelasi/edge pi yang mungkin antara semua pasang node (yaitu n (n-1) / 2), di mana n adalah jumlah node, untuk graf tidak berarah
- Dalam contoh jaringan disamping kepadatan adalah 5/6 = 0.83 (yaitu jaringan yang cukup padat)
- Grafik berarah akan memiliki setengah dari kepadatan network tidak terarahnya, karena ada dua kali lebih banyak sisi yang mungkin, yaitu n (n-1)



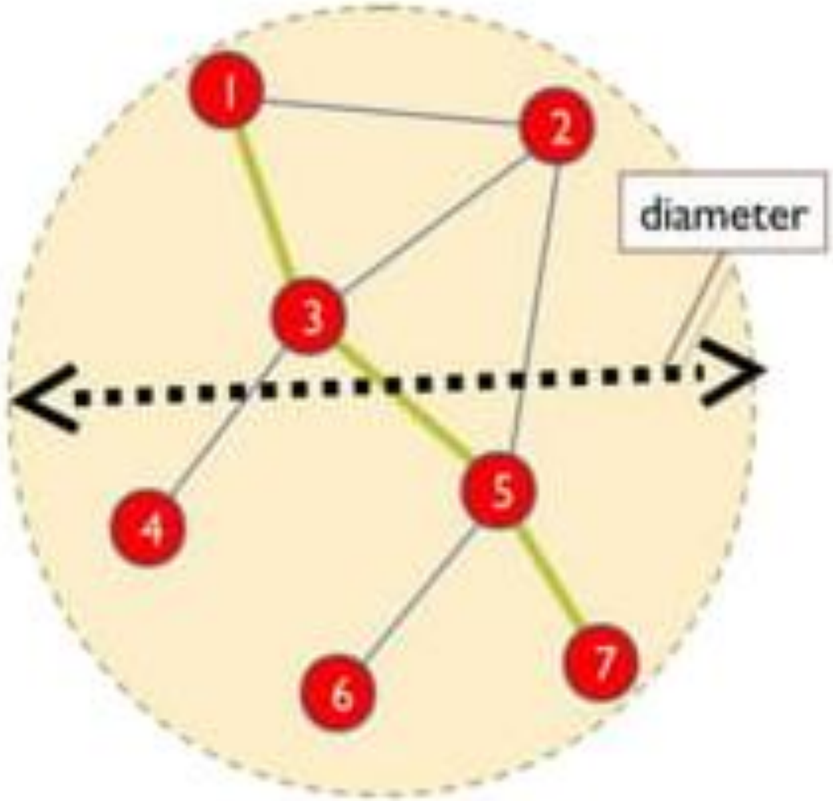
density = 5/6 = 0.83



density = 5/12 = 0.42

Network Diameter

- Network Diameter adalah jalur (jarak) terpendek terpanjang antara dua node dalam jaringan disebut diameter jaringan
- Rata-rata dari semua jalur terpendek dalam jaringan juga menarik karena ini menunjukkan seberapa jauh jarak rata-rata dua node (jarak rata-rata)
- Network diameter adalah ukuran yang berguna untuk mengukur tingkat keterjangkauan dalam jaringan (*reach*) dibandingkan dengan hanya melihat jumlah total node atau edge.
- Ini juga menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan suatu informasi/objek untuk mencapai node mana pun dari node asalnya di jaringan (jaringan yang lebih jarang umumnya akan memiliki diameter yang lebih besar)
- Contoh diameter jaringan di sebelah kanan adalah 3.



Perangkat Lunak untuk Analisis Jaringan Sosial

UCINET Software

NetDraw

+

- Paling umum dan populer digunakan
- Gratis
- Fitur analisis cukup lengkap

−

- Tidak terlalu *user friendly*
- Keterbatasan jumlah node untuk analisis (lebih dari 5000 nodes membuat kerjanya lamban)

kumu

+

- Menghasilkan visualisasi menarik
- Web-based, relatif aman dari error dan hilang data
- Terdapat fitur menarik lainnya diluar untuk analisis jaringan sosial
- Masih terus dikembangkan

−

- Perlu berbayar, gratis jika data bersifat *public*
- Masih relatif baru
- Fitur analisis masih terbatas

5. Aplikasi Analisis Jaringan Sosial

[12-09-2023] | [KODE MK: SD230411 | MATAKULIAH: MATEMATIKA | SKS: 4 | VERSI: 01

Forest Policy and Economics 78 (2017) 21–31

Contents lists available at ScienceDirect

Forest Policy and Economics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/forpol

Fire economy and actor network of forest and land fires in Indonesia

Herry Purnomo [a,b,*], Bayuni Shantiko [a], Soaduon Sitorus [a], Harris Gunawan [c], Ramadhani Achdiawan [a], Hariadi Kartodihardjo [b], Ade Ayu Dewayani [a]

* Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia

Temuan utama:

Adanya *patronage network*.

- Aktor utama yang terlibat dalam aktivitas penggunaan api di Provinsi Riau.
- Merumuskan rekomendasi berupa target aktor dan langkah yang dapat diupayakan dalam mengatasi kebakaran hutan dan lahan.

Forest Policy and Economics 91 (2018) 94–106

Contents lists available at ScienceDirect

Forest Policy and Economics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/forpol

Reducing forest and land fires through good palm oil value chain governance☆

Herry Purnomo[a,b,*], Beni Okarda[a], Ade Ayu Dewayani[a], Made Ali[c], Ramadhani Achdiawan[a], Hariadi Kartodihardjo[b], Pablo Pacheco[a], Kartika S. Juniwaty[a]

[a] Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia
[b] Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University (IPB), Bogor, Indonesia
[c] Cooperation of Riau Forest Rescue Network (JIKALAHARI), Riau, Indonesia

Temuan utama:

Adanya ketimpangan *power* diantara aktor dalam rantai nilai.

Tatakelola yang baik didukung oleh *power relation* yang seimbang.

- Analisis rantai nilai, jaringan sosial, dan analisis *Actor centered-power* sawit da tata kelolanya di empat kabupaten di provinsi Riau
- Tatakelola sawit yang baik untuk mengurangi kebakaran.

Learning Objective n

Fill in .....

CONCLUSION

Fill in .....

REFERENCES

Fill in IEEE Style

Institut Informatika & Bisnis
DARMAJAYA
Yayasan Alfian Husin

SAINS DATA
Institut Informatika & Bisnis Darmajaya

Kampus Merdeka
INDONESIA JAYA

MERDEKA
BELAJAR

THANK YOU!!

DATA SCIENCE DARMAJAYA “YOUR BEST FUTURE IN DATA”