

# BAYESIAN NETWORK UNTUK SISTEM PAKAR : TEKNOLOGI DAN KESEHATAN

Ahmad Chandra Kurniawan, Dessy Adelina Putri, Erna Fajariani, Farid Miftahuddin, Hizkia David Kojo, Nur Amelia Maulidia

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumbersari, Kota Malang, Jawa Timur 65145

\*Corresponding author, email: ahmadchandra52@gmail.com

doi: 10.17977/um068.v4.i8.2024.4

## Kata kunci

Bayesian Network  
Sistem Pakar  
Prediksi Probabilistik  
Kecerdasan Buatan  
Aplikasi Teknologi dan Kesehatan

## Abstrak

Sistem pakar ialah salah satu penerapan teknologi yang berkembang saat ini. Sistem pakar akan mengadopsi dari pengetahuan dan pemikiran manusia yang divisualisasikan dalam komputer. Teknologi sistem pakar memberikan kemudahan dalam memecahkan suatu masalah yang ada dengan hasil berupa prediksi. Prediksi yang dilakukan menggunakan metode Bayesian Network. Bayesian Network dapat menampilkan hasil visualisasi berupa struktur graf hasil dari distribusi perhitungan probabilitas untuk digunakan pemodelan sistem dan prediksi. Hasil prediksi nantinya diperoleh tingkat akurasi pengujian tertinggi terhadap masalah tersebut. Pada paper ini lebih menekankan pada penerapan metode Bayesian Network untuk sistem pakar dalam bidang kesehatan dan teknologi. Sistem pakar ini sebenarnya dapat diterapkan berbagai bidang sebagai contoh pada bidang teknologi dan diagnosa medis untuk kesehatan. Pengambilan keputusan dan prediksi berdasarkan akurasi tertinggi inilah sangat baik dan penting dengan diterapkannya metode Bayesian Network.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi semakin canggih dan tidak lepas dari semua bidang kehidupan. Masalah yang awalnya diselesaikan dengan manual dapat dilakukan dengan mudah dalam pembacaannya karena adanya teknologi komputerisasi sehingga menjadi lebih efektif dan efisien. Hal inilah yang menyebabkan sistem pakar menjadi trend dalam melakukan prediksi, klasifikasi atau penentuan pilihan (Torabi et al., 2012) (Prathivi, 2015). Penentuan prediksi ini dapat diterapkan dalam berbagai masalah seperti deteksi spam email (Network, 2016), deteksi trafik jaringan (Prathivi, 2015) dan prediksi diagnosa penyakit pada bidang kesehatan (Kurniawan & Wardhani, 2011) (Tinaliah, 2015) (Mukesh Kumari, Dr. Rajan Vohra, 2014).

Membangun sebuah model prediksi dalam pengambilan keputusan sangat dibutuhkan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi paling dominan dan dijadikan sasaran fokus perhatian pada suatu masalah (Cai et al., 2011) (Lukman, 1950). Paper ini menggunakan metode Bayesian Network. Bayesian Networks dapat menghasilkan visualisasi berupa struktur graf hasil dari distribusi probabilitas, sehingga dapat digunakan untuk pemodelan suatu sistem dan prediksi (Su et al., 2011) (Dragicevic et al., 2017) (Rehg et al., 1999).

Masalah yang berhubungan dengan penentuan pilihan maupun prediksi dapat diatasi menggunakan metode Bayesian Network yang diterapkan pada sistem pakar, baik masalah tentang kesehatan sistem pakar untuk penyakit mulut, mata, kanker dilihat dari faktor penyebab munculnya penyakit tersebut (Charles E. Kahn Jr, John J. Laur, 2001) (Haddawy et al., 2018). Untuk masalah prediksi tingkat produktivitas hasil pertanian maupun prediksi penyakit hama pada tanaman (Sari et al., 2017) (Myers & Troyanskaya, 2007). Keamanan dalam jaringan juga perlu dilakukan prediksi salah satunya deteksi spam pada email, serta penentuan antara email spam metode dengan Bayesian Network (Network, 2016).

Masih banyak permasalahan yang pemecahannya menggunakan Bayesian Network. Untuk itu dari masalah yang muncul dan berhubungan dengan prediksi atau penentuan pilihan, maka paper ini menjelaskan konsep dari penerapan metode Bayesian Network pada sistem pakar untuk melakukan prediksi atau penentuan pilihan dalam bidang kesehatan dan teknologi (Marlita et al., 2015) (Fakhravar et al., 2017) (del Sagrado et al., 2016). Hasil dari paper ini meliputi sistem pakar dalam kesehatan, prediksi dalam teknologi seperti prediksi gangguan, penentuan ancaman. Adapun bagian dari artikel ini meliputi bagian 2 metode Bayesian Network, bagian 3 implementasi metode Bayesian Network, bagian 4 challenges, serta kesimpulan dibahas pada bagian 5.

## 2. Metode

Bayesian network sebagai salah satu metode dari probabilitas graphical model (PGM) yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Teori dalam Bayesian Network ada kaitannya dengan teori graf. Struktur jaringan Bayesian Network sendiri terdiri atas node dan edge. Node atau dikenal dengan simpul berupa variabel dari objek yang dilakukan penelitian. Berbeda dengan edge berupa penggambaran hubungan atau asosiasi hubungan dari node-node (Landoni et al., 2013) (Ilham, 2016).

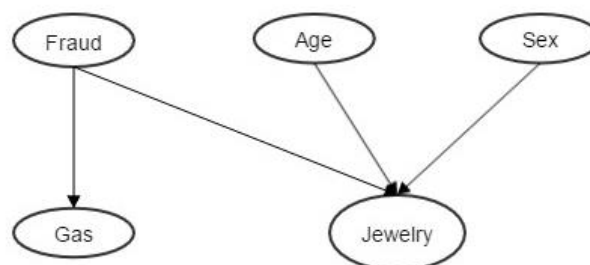
Struktur jaringan dari Bayesian network didalamnya tersusun dari node dan edge. Dalam node menginisialkan sebagai variabel atau objek dari suatu penelitian. Edge berarti sebagai gambaran hubungan antar node (Heckerman 1995). Bayesian network sendiri akan menggambarkan probabilitas kejadian yang berhubungan atau tidak berhubungan dengan prediksi (Jin et al., 2016) (Adabor et al., 2015). Gambaran graf akan memiliki makna dalam merepresentasikan hipotesis untuk suatu pernyataan prediksi atau pengambilan keputusan (Wu & Yang, 2013) (D. Li et al., 2016) (Gerstung et al., 2009).

### 2.1. Konsep Dasar Pada Metode Bayesian Network

Dalam pembangunan Bayesian network, diperlukan pemahaman dari konsep dasar Bayesian network (Tinaliah, 2015) (Mendes, 2007). Bayesian network memiliki bagian utama yaitu :

#### 2.1.1. Struktur Graf.

Struktur graf yang ada pada metode Bayesian network disebut dengan Directed Acyclic Graph (DAG), berupa graf yang memiliki arah dan tidak memiliki siklus. DAG terdiri dari node dan edge (Adiputra et al., 2018) (Perkusich et al., 2015) (Rao & Kamila, 2017) (Moreira & Wichert, 2018).



Gambar 1. Contoh Graf Bayesian Network

#### 2.1.2. Himpunan Parameter

Pada himpunan parameter ini akan dilakukan pendefinisian probabilitas distribusi pada tiap variabel yang digunakan. Setiap node yang juga dilakukan asosiasi disetiap peluang kejadian (Katsanos et al., 2014) (Kaeser et al., 2017).

Bayesian network dalam pembangunannya digunakan pendekatan statistik atau disebut teorema Bayes dalam penentuan peluang bersyarat (Pan et al., 2017) (Poeschl et al., 2016). Teorema yang digunakan ini untuk melakukan perhitungan peluang suatu set data yang masuk dalam suatu kelas tertentu yang telah dikelompokkan berdasarkan inferensi data yang ada (Lee & Abbott, 2003) (Liu et al., 2008).

Rumus dari teori bayes dapat dilihat dibawah :

$$P(J|K) P(K) = P(J,K) = P(K|J) P(J)$$

Dimana  $P(J|K)$  sebagai nilai probabilitas gabungan kejadian

J dan K. Membagi kedua sisi dengan  $P(K)$ , didapat:

$$P(J|K) = P(J,K) P(J) / P(K)$$

Secara umum teorema bayes dapat dituliskan dalam bentuk

$$P(J_i|K) = P(K_i(P(J_i)) / P(K|J_i)P(J_i))$$

Jika  $\{J_i\}$  membentuk partisi dari ruang kejadian, untuk setiap  $J_i$  dalam bagian dari partisi (Nillius et al., 2006)(Yu et al., 2010)

Tahapan yang ada dalam penerapan metode bayesian network ini yaitu membuat struktur awal dari bayesian network, melakukan penentuan parameter yang digunakan, melakukan pembuatan CPT ( conditional probability table), melakukan pembuatan JPD ( joint probability distribution), penghitungan posterior, dan melakukan inferensi probabilitas (Adiputra et al., 2018).

## 2.2. Kombinasi Metode pada Bayesian Network

Bayesian network dapat digunakan untuk melakukan penyelesaian masalah dan dilakukan kombinasi dengan metode yang lainnya. Berikut kombinasi antara metode Bayesian network dapat diterapkan dengan beberapa metode yaitu :

TAN (Tree Augmented Naive Bayes) classifier pada penentuan kelayakan dan keefisienan dimana penggunaan TAN dapat mengambil data offline dari dataset KDD Cup 1999 untuk melakukan pengukuran kelayakan & keefektifitasan sistem (Marlita et al., 2015)(Kumar & Tripathi, 2016). Metode Bayesian Network digunakan juga untuk menggunakan teknologi image processing dalam deteksi kerusakan pankreas (Rochmad, 2009).

Bayesian self-learning dalam pengklasifikasian pemilihan dengan karena dalam penggunaannya untuk diagnosa medis dan keterkaitan dengan faktor yang mempengaruhinya (Alizadeh et al., 2014)(Drury et al., 2017)(Suchánek et al., 2014). Penyaringan vektor full-state dengan bayesian network dalam penerapannya. Dimana disini dilakukan pelacakan suatu target dalam pencarian peta dapat digunakan dalam pelacakan target (Jensen et al., 2009)(López-Araquistain et al., 2019).

Algoritma Bayesian Network GRAZing (BNGRAZ) suatu metode yang dapat digunakan untuk menentukan strategi yang diusulkan. Algoritma ini menggunakan informasi lokal sehingga dapat memperkirakan cakupan dan perubahan performa dari konektivitas jaringan yang terkait dengan karakteristik pergerakan sensor (Coles et al., 2009).

MRI (Magnetic Resonance Imaging) adalah suatu metode yang dapat memudahkan identifikasi sesuatu yang ada pada dalam tubuh (organ tubuh manusia) dengan memanfaatkan medan magnet dan gelombang radio (Charles E. Kahn Jr, John J. Laur, 2001).

Metode Watdog dengan kombinasi bayesian network dimana metode ini memiliki fungsi untuk mendeteksi node. Selanjutnya diterapkan filter Bayesian untuk memeriksa apakah node yang terdeteksi sebenarnya adalah node jahat atau tidak (Rupareliya et al., 2016).

Fuzzy Bayesian Network (FBN) , metode ini untuk membuat sebuah sistem pendukung keputusan yang berisi analisis resiko keselamatan pada proyek konstruksi (L. Zhang et al., 2014)(Meirelles et al., 2015).

Conditional Bayesian Network (CBN), metode ini juga difungsikan untuk melakukan klasifikasi seperti memodelkan variabel target dan variabel atribut menggunakan model Conditional Bayesian Network. Antar variabel diberikan hubungan yang sifatnya bebas bersyarat (Cai et al., 2011)(Shi et al., 2016).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Bayesian Network dapat berperan penting dalam hal prediksi hingga pengambilan keputusan terhadap suatu permasalahan(Weil et al., 2018). Mayoritas penerapan Bayesian Network antara lain pada bidang teknologi dan kesehatan salah satunya sebagai sistem pakar.

Sistem Pakar (expert system) dikenal dengan system yang memahami bahasa dari manusia ke komputer. Sehingga bahasa komputer mampu melakukan penyelesaian masalah yang terjadi. Tujuan dari pembuatan sistem pakar sendiri yaitu sebagai penerapan kemampuan pakar dalam melakukan pengambilan suatu kesimpulan dari suatu kasus(Kurniawan & Wardhani, 2011)(Tinaliah, 2015) (Yu et al., 2010).

Dalam bidang teknologi, pendekatan Bayesian Network diterapkan pada berbagai sistem pendukung keputusan berbasis mobile. Pendekatan Bayesian Network dapat pula menghasilkan algoritma greedy baru untuk mempelajari struktur jaringan Bayesian itu sendiri secara optimal menggunakan entropi bersyarat(Kreimer & Herman, 2016).

Bayesian Network dapat pula memodelkan hubungan antara variabel probabilistik dimana hasilnya berupa alur kerja baru dari Scalable Bayesian Network Learning (SBNL) yang semakin memudahkan pengguna(J. Wang et al., 2014). Metode baru pun diusulkan dengan memodifikasi struktur jaringan Bayesian Network yang dapat memantau aliran data dan mengevaluasi apakah hasil observasi terakhir sesuai dengan model saat ini(Nielsen & Nielsen, 2008). Penerapan yang berkelanjutan dari Bayesian Network berupa sistem pendukung keputusan untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas maritim berdasarkan pemodelan kecelakaan maritim(G. Zhang & Thai, 2018)(Hänninen et al., 2014).

Dalam bidang data mining, dilakukan beberapa percobaan berkaitan dengan deteksi anomali, dimana digunakan jaringan dinamis dan statis yang digabungkan(Mascaro et al., 2011)(Marlita et al., 2015). Bayesian Network juga dapat diterapkan pada studi kasus koloni semut yang menggunakan bayesian network hill climbing deterministik(De Campos et al., 2002). Penerapan Bayesian Network pada permasalahan pengolahan limbah air tanaman menghasilkan solusi-solusi berupa pengetahuan(Burrell, 2000). Metode Bayesian Network dalam studi kasus jaringan digunakan untuk mengidentifikasi resiko dalam jaringan SCADA yang berkaitan dengan kamanan jaringan tersebut(Huang et al., 2017). Mengusulkan jaringan kuantum seperti Bayesian sebagai model keputusan alternatif untuk membuat prediksi dalam skenario dengan tingkat ketidakpastian yang tinggi(Moreira & Wichert, 2018)(Sierra et al., 2018). Menyajikan tinjauan komprehensif penerapan teknik AI untuk meningkatkan kinerja sistem dan jaringan komunikasi optik(Mata et al., 2018)(Grodén & Collette, 2017).

Aplikasi sistem pakar untuk membantu arsitek dalam proses mendesain bangunan dengan roofpond menggunakan struktur Bayesian Network(Naticchia et al., 2007). Penerapan Bayesian Network untuk meningkatkan standar keselamatan kerja dengan memodelkan penyebab kecelakaan kerja terkait jatuh dari ketinggian(López-Cruz et al., 2014)(Alizadeh et al., 2014). Jenis Fuzzy Bayesian Network (FBN) diterapkan pada sistem pendukung keputusan analisis resiko keselamatan proyek konstruksi(L. Zhang et al., 2014). Metode Bayesian Network untuk memperkirakan pendapatan layanan bus dengan mempertimbangkan pengaruh permintaan perjalanan bus, jumlah penumpang, jarak transportasi dan lainnya guna optimalisasi pendapatan layanan bus(Liu et al., 2018).

Menggunakan pendekatan Bayesian Network untuk Converged Directed Test Generasi (CDG) untuk verifikasi berbasis simulasi(Fine & Ziv, 2003). Pendekatan Bayesian Network untuk melakukan pendekatan prediksi pada aplikasi cloud guna melakukan diagnosis kesalahan pada runtime(Xu et al., 2016). Implementasi Bayesian Network melalui metode perancangan dan analisis terstruktur berkaitan dengan keamanan infrastruktur(Gribaudo et al., 2015)(Hanafy & ElMaraghy, 2014).

Berkaitan dengan bencana, pendekatan Bayesian Network diterapkan pada Decicion Support System (DSS) mengenai peringatan dini gempa bumi dan bencana gunung berapi(Wicaksono et al., 2016)(Jäger et al., 2017). Menggunakan metode Bayesian Network untuk efektivitas kalimat(Thu & Ngoc, 2014). Metode Bayesian Network untuk memaparkan konsep-konsep, teori maupun

pengembangan model/arsitektur terkait kemampuan kognitif siswa (Adiwiastara & Basjaruddin, 2017). Jenis metode Naïve Bayes Classifier dimodifikasi untuk melakukan pembobotan kata berdasarkan posisinya dalam berita (Mahmudy & Widodo, 2014). Temporal Nodes Bayesian Networks (TNBN) digunakan untuk diagnosis dan prediksi kesalahan temporal pada pembangkit uap pembangkit listrik fosil (Hernandez-Leal et al., 2013) (Frank et al., 2016).

Menggunakan metode Bayesian Network untuk memprediksi data curah hujan (Retno & Saputro, 2009). Untuk membuat algoritma dari object tracking yang ada pada video pengawasan (Zarkasi et al., 2011). Menerapkan Bayesian Network untuk memantau dan menganalisis proses check-in di bandara guna mengoptimalkan pelayanan bandara (Di Pietro et al., 2017) (Rupareliya et al., 2016) (Fakhravar et al., 2017).

Kerumitan komputasi dari banyak varian masalah, terhadap masalah MPE dengan dan tanpa variabel tambahan (Kwisthout, 2011). Untuk mengukur dan melakukan analisa risiko keamanan informasi yang disebabkan oleh berbagai sumber ancaman (Kondakci, 2010) (Wan et al., 2013). Membuat aplikasi e-learning berbasis web dan memanfaatkan metode Bayesian Network (Muhammad Hasbi, Rully Mujiastuti & Syarip, n.d.). Untuk membangun sebuah model rebiosasi pada hutan yang terletak di cekungan sungai Lie'bana, Spanyol menggunakan Bayesian Network (Ordóñez Galán et al., 2009). Untuk mengetahui apakah Model Bayesian Network dapat diterapkan untuk memodelkan resiko-resiko dari sebuah sistem teknologi pada stasiun pengisian bahan bakar hidrogen (Haugom & Friis-Hansen, 2011). Untuk memodelkan penyebaran api jika terjadi kebakaran pada suatu bangunan menggunakan Bayesian Network (Cheng & Hadjisophocleous, 2009) (Johnson et al., 2013). Untuk menggambarkan penggunaan pendekatan probabilistik upaya estimasi Web dengan cara Bayesian Network (Prabhakaran et al., 2016). Menggunakan Algoritma Pembelajaran Bayesian Network untuk Temukan kausal Hubungan dimulti variat Time Series (Wijesiri et al., 2018). Menggunakan metode bayesian network untuk aplikasi web berbasis cloud yang sangat tersedia (Z. Wang & Chan, 2011). Menggunakan bayesian network Untuk pengguna monitoring komputer (Marrone, 2015) (Carpani & Giupponi, 2010). Untuk mengekspresikan informasi yang bersifat kontekstual menggunakan algoritma yang efisien dalam pembelajaran dan pengambilan kesimpulan dengan metode Bayesian Network (Bayesian et al., 2004).

Penerapan metode Bayesian Network dalam bidang kesehatan banyaklah dimanfaatkan untuk mengembangkan sebuah alat atau sebuah sistem pakar, sehingga sistem pada bidang kesehatan bisa lebih baik lagi. Dalam menggunakan metode Bayesian network dapat digunakan dalam mendeteksi tulang tumor dan empedu yang menggabungkan Magnetic Resonance Imaging (MRI), hasil yang didapatkan lesi tulang tumor jinak atau ganas dapat dibedakan dengan beberapa karakteristik termasuk usia pada representasi dan fitur radiografi. Tidak hanya dalam penyakit tumor, BN juga dapat digunakan dalam memprediksi diagnose penyakit leukemia dengan memperhatikan gejala - gejala yang dialami (Kumari & Vohra, 2014) (Liu et al., 2008) (Mahmudy & Widodo, 2014).

Pada bidang psikolog BN dapat digunakan sebagai memprediksi adanya ancaman yang dapat merusak psikolog seseorang (depresi), dengan memasukan data empiris mengenai predictor psikologis yang akan diperoleh perilaku kontraproduktif mendekati batas atas prediksi model, dalam memprediksi seseorang depresi juga dapat dikenali melalui variabilitas jantung dan dapat dilakukan classifier antara penderita depresi dengan orang sehat. Nantinya depresi akan dikaitkan dengan disfungsi tubuh dan sistem syaraf otonom (ANS), sehingga modulasi dapat dievaluasi dari denyut jantungnya. Tandanya bahwa pasien tersebut depresi yaitu jika memiliki HRV lebih rendah dari pada orang sehat (Axelrad et al., 2013) (Kuang et al., 2017) (Cheng & Hadjisophocleous, 2009).

Ahli forensic dapat menggunakan BN sebagai alat bantu dalam mengotopsi dengan menyediakan tujuh langkah yang digunakan untuk memastikan kesesuaian antar proposisi yang ada (Taylor et al., 2018). BN dapat digunakan dalam pengembangan sistem pemantauan sampling herbs dan spices, digunakan untuk mengembangkan model berdasarkan pemberitahuan yang dilaporkan oleh Sistem Peringatan Cepat pada makanan pakan dan database dari program pemantauan nasional, sehingga dapat diketahui kontamina kimia dalam makanan pakan (Bouzemrak et al., 2016) (Yu et al., 2010). Salah satu alasan utama kegagalan banyak penelitian penemuan awal untuk memvalidasi menurut adalah kegagalan untuk secara akurat mengemas sumber variabilitas eksperimental dan biologis. Banyak teknik tradisional yang sudah ada

sebelumnya telah digunakan untuk menganalisis data eksperimen proteomik biomarker seperti mesin vektor pendukung, hutan acak, regresi Lasso dan berbagai metode klasifikasi lainnya(Wicaksono et al., 2016)(Hernández et al., 2015).

Untuk mengidentifikasi kerusakan pancreas dapat juga menggunakan metode BN melalui iridology, dalam tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu aplikasi untuk mendapatkan informasi kerusakan pankreas menggunakan teknologi image processing melalui iridology. Dimana metode yang digunakan adalah metode bayesian, dan obyek yang dideteksi adalah pankreas. Input dari sistem ini berupa file gambar offline. Image processing yang digunakan antara lain histogram proyeksi, histogram equalisasi dan thresholding. Dari pemrosesan image maka akan didapatkan nilai fitur yang melalui proses learning(Rochmad, 2009)(H. Li et al., 2012)(Suchánek et al., 2014).

Penggunaan metode Bayesian banyak digunakan sebagai sistem pakar, ada beberapa sistem pakar yang telah ada dibidang kesehatan, salah satunya adalah sisitem pakar dalam mendiagnosa penyakit mulut serta penyakit mata beserta tindakan medis yang dibutuhkan oleh pasien. Diperlukan perhitungan nilai probabilitas penyakit mulut yang diderita berdasarkan gejala-gejala yang muncul. Selain itu juga diterapkan pendekatan mesin inferensi backward chaining dan metode F-measure(Febrian et al., 2018)(Kurniawan & Wardhani, 2011)(Zhang & Thai, 2018).

Perkembangan teknologi pada saat ini telah banyak membantu dan mempermudah masyarakat dalam berbagai bidang, seperti bidang teknologi, bidang kesehatan, bidang ekonomi, dan masih banyak lainnya. Dari keunggulan teknologi tersebut pasti terdapat kekurang yang mengakibatkan kerugian bagi penggunaannya, seperti kejahatan yang disebabkan oleh internet pada bidang teknologi, dari hal tersebut perlu mendapatkan cara cerdas dan teknis untuk menyelidiki dan mencegahnya. Namun, banyak juga keunggulan pada setiap bidang, berdasarkan artikel yang kami resume, kami membahas tentang BN untuk sistem pakar pada bidang teknologi dan kesehatan.

Perkembangan teknologi pada saat ini telah berkembang sangat pesat. Salah satu perkembangan saat ini adalah sistem pakar. Penerapan sistem pakar dibidang teknologi dapat mempermudah untuk menganalisa suatu kesalahan dalam suatu sistem, serta memudahkan dalam pengambilan keputusan menjadi lebih cepat dan akurat. sistem dengan kenyataan bisa seimbang dan prediksi bisa sesuai. Di bidang teknologi yang menjadi masalah dan tantangan adalah saat ini banyak orang awam yang belum bisa menganalisis masalah dengan benar, sehingga sistem dan kenyataan terkadang belum bisa seimbang. Jadi penerapan sistem pakar dalam bidang teknologi dapat memprediksi dengan akurat, mengklasifikasikan objek sesuai dengan bidang masing masing , membuat pekerjaan lebih efisien.

Dalam bidang kesehatan telah banyak menggunakan teknologi, salah satunya dengan menerapkan sistem pakar. Sistem pakar dapat mempermudah dalam memprediksi ketidakpastian suatu masalah . Seperti memprediksi diagnosa suatu penyakit. Kebutuhan akan pelayanan medis yang lebih baik sangat penting dan mendesak, yang berarti dukungan teknologi sistem pakar menjadi sangat dibutuhkan untuk membantu analisisnya dengan menggunakan sebuah metode sehingga menghasilkan hasil yang lebih optimal. Di bidang kesehatan yang menjadi masalah dan tantangan banyak masyarakat yang pemikirannya masih tradisional tentang medis(Naticchia et al., 2007). Karena kurangnya pengetahuan tersebut gejala penyakit yang dapat ditangani lebih dini akan menjadi lebih serius. Pengetahuan tentang kesehatan banyak diperoleh melalui buku atau internet, namun memerlukan waktu lama untuk mempelajarinya butuh waktu. Sumber-sumber tersebut belum tentu dapat mengidentifikasi jenis penyakit seperti yang dilakukan oleh seorang dokter.

Dalam contoh tersebut digunakan metode bayesian network untuk mendiagnosa penyakit leukemia, dimana pengguna dapat mendiagnosis penyakit berdasarkan gejala yang dialami. Sehingga output yang dihasilkan sistem dapat memprediksi apakah pasien tersebut menderita leukemia atau tidak dan apabila ya, jenis leukemia apa yang diderita pasien tersebut. Pengujian sistem ini mengambil 10 orang untuk dijadikan sample penelitian, untuk mendiagnosis leukemia positif atau negatif sistem memiliki nilai keberhasilan sebesar 90%, sedangkan hasil untuk nilai keberhasilan diagnosa jenis penyakit leukimia sebesar 70% (Setiawan et al., n.d.).

Dengan adanya sistem pakar, masyarakat dengan pemikiran tradisional mampu mendeteksi adanya penyakit berdasarkan gejala-gejala yang dirasakan dengan menjawab pertanyaan pada aplikasi seperti halnya konsultasi ke dokter.

#### 4. Kesimpulan

Bayesian Network sangat penting dalam mengambil prediksi dan penentuan pilihan. Sistem pakar ialah salah satu teknologi dengan keahlian utama dalam penyelesaian masalah dengan penerapan dari metode Bayesian network untuk memperoleh hasil prediksinya. Sistem pakar dapat diterapkan pada berbagai masalah dibidang kehidupan. Tahapan yang diterapkan dalam teori bayesian network sendiri yaitu dari membuat struktur bayesian network, menentukan prameter yang digunakan, membuat conditional probability table (CPT), membuat joint probability distribution (JPD), menghitung posterior probability dan menginferensi Probabilitas. Tugas dari Bayesian Network sendiri berupa mencari nilai probabilitas dimana hasilnya nanti digunakan untuk menentukan prediksi berdasarkan nilai akurasi yang diperoleh. Dalam penerapan sistem pakar pada bidang teknologi sangatlah luas pengembangan sistem pakar seperti sistem web atau pada teknoogi dalam industri. Penerapan sistem pakar pada bidang kesehatan, hasilnya akan diberikan informasi berupa prediksi penyakit apa yang terjadi berdasarkan faktor-faktor yang ada. Banyak penerapan bayesian network menghasilkan prediksi yang akurat tetapi ada beberapa penerapan yang hasil pengembangan untuk selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode lainnya. Tingkat keberhasilan ini bisa dilihat dari tingkat akurasi yang didapatkan.

#### Daftar Rujukan

- Adabor, E. S., Acquaaah-Mensah, G. K., & Oduro, F. T. (2015). SAGA: A hybrid search algorithm for Bayesian Network structure learning of transcriptional regulatory networks. *Journal of Biomedical Informatics*, 53, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2014.08.010>
- Adiputra, M., Regasari, R., & Putri, M. (2018). Penerapan Bayesian Network Pada Sistem Pakar Ekspresi Wajah dan Bahasa Tubuh Melalui Pengamatan Indra Penglihatan Pada Foto. *Journal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(1), 199–208.
- Adiwisastra, M. F., & Basjaruddin, N. C. (2017). Intelligent Tutoring System Untuk Mengukur Kemampuan Kognitif Dalam Fisika Dasar Berbasis Metode Bayesian Network. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 2(2), 40–47.
- Alizadeh, S. S., Mortazavi, S. B., & Sepehri, M. M. (2014). Building a model using bayesian network for assessment of posterior probabilities of falling from height at workplaces. *Health Promotion Perspectives*, 4(2), 187. <https://doi.org/10.5681/hpp.2014.025>
- Axelrad, E. T., Sticha, P. J., Brdiczka, O., & Jianqiang Shen. (2013). A Bayesian Network Model for Predicting Insider Threats. 2013 IEEE Security and Privacy Workshops, 82–89. <https://doi.org/10.1109/SPW.2013.35>
- Bayesian, U., For, N., & Users, C. (2004). Cybernetics Using Bayesian Networks for Monitoring. *Cybernetics*, 40(6), 789–799.
- Bouzembrak, Y., Camenzuli, L., Janssen, E., & van der Fels-Klerx, H. J. (2016). Application of Bayesian Networks in the development of herbs and spices sampling monitoring system. *Elsivier*, November 2016, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.04.019>
- Burrell, P. (2000). *Application of Bayesian Network Learning Methods to Waste Water Treatment Plants*. 2000 Kluwer Academic Publishers, 19–40.
- Cai, Z., Sun, S., Si, S., & Yannou, B. (2011). Identifying product failure rate based on a conditional Bayesian network classifier. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5036–5043. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.146>
- Carpani, M., & Giupponi, C. (2010). Construction of a bayesian network for the assessment of agri-environmental measures - The case study of the venice lagoon watershed. *Italian Journal of Agronomy*, 5(3), 265–274. <https://doi.org/10.4081/ija.2010.265>
- Charles E.Kahn Jr, John J. Laur, and G. f. C. (2001). A Bayesian network for diagnosis of primary bone tumors A Bayesian Network for Diagnosis of Primary Bone Tumors. *Journal of Digital Imaging*, 14(July), 10–12. <https://doi.org/10.1007/BF03190296>
- Cheng, H., & Hadjisophocleous, G. V. (2009). The modeling of fire spread in buildings by Bayesian network. *Fire Safety Journal*, 44(6), 901–908. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.05.005>

- Coles, M. D., Azzi, D., Haynes, B. P., & Hewitt, A. (2009). A Bayesian network approach to a biologically inspired motion strategy for mobile wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 7(6), 1217–1228. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2008.11.002>
- De Campos, L. M., Fernández-Luna, J. M., Gámez, J. A., & Puerta, J. M. (2002). Ant colony optimization for learning Bayesian networks. *International Journal of Approximate Reasoning*, 31(3), 291–311. [https://doi.org/10.1016/S0888-613X\(02\)00091-9](https://doi.org/10.1016/S0888-613X(02)00091-9)
- del Sagrado, J., Sánchez, J. A., Rodríguez, F., & Berenguel, M. (2016). Bayesian networks for greenhouse temperature control. *Journal of Applied Logic*, 17, 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.jal.2015.09.006>
- Di Pietro, L., Guglielmetti Mugion, R., Musella, F., Renzi, M. F., & Vicard, P. (2017). Monitoring an airport check-in process by using Bayesian networks. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 106(October 2016), 235–247. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.020>
- Dragicevic, S., Celar, S., & Turic, M. (2017). Bayesian network model for task effort estimation in agile software development. *Journal of Systems and Software*, 127, 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.01.027>
- Drury, B., Valverde-Rebaza, J., Moura, M. F., & de Andrade Lopes, A. (2017). A survey of the applications of Bayesian networks in agriculture. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 65(January), 29–42. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2017.07.003>
- Fakhravar, D., Khakzad, N., Reniers, G., & Cozzani, V. (2017). Security vulnerability assessment of gas pipelines using Discrete-time Bayesian network. *Process Safety and Environmental Protection*, 111, 714–725. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.08.036>
- Febrian, R. A., Regasari, R., & Putri, M. (2018). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Mulut menggunakan Metode Bayesian Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(2), 543–553.
- Fine, S., & Ziv, A. (2003). Coverage directed test generation for functional verification using bayesian networks. *IEEE Computer Society*, 286–291.
- Frank, J. M., Massman, W. J., & Ewers, B. E. (2016). A Bayesian model to correct underestimated 3-D wind speeds from sonic anemometers increases turbulent components of the surface energy balance. *Atmospheric Measurement Techniques*, 9(12), 5933–5953. <https://doi.org/10.5194/amt-9-5933-2016>
- Gerstung, M., Baudis, M., Moch, H., & Beerenwinkel, N. (2009). Quantifying cancer progression with conjunctive Bayesian networks. *Bioinformatics*, 25(21), 2809–2815. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp505>
- Gribaudo, M., Iacono, M., & Marrone, S. (2015). Exploiting Bayesian Networks for the analysis of combined Attack Trees. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 310, 91–111. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2014.12.014>
- Groden, M., & Collette, M. (2017). Fusing fleet in-service measurements using Bayesian networks. *Marine Structures*, 54, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2017.03.001>
- Haddawy, P., Hasan, A. H. M. I., Kasantikul, R., Lawpoolsri, S., Sa-angchai, P., Kaewkungwal, J., & Singhasivanon, P. (2018). Spatiotemporal Bayesian networks for malaria prediction. *Artificial Intelligence in Medicine*, 84, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2017.12.002>
- Hanafy, M., & ElMaraghy, H. (2014). Co-design of products and systems using a bayesian network. *Procedia CIRP*, 17, 284–289. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.129>
- Hänninen, M., Valdez Banda, O. A., & Kujala, P. (2014). Bayesian network model of maritime safety management. *Expert Systems with Applications*, 41(17), 7837–7846. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.06.029>
- Haugom, G. P., & Friis-Hansen, P. (2011). Risk modelling of a hydrogen refuelling station using Bayesian network. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(3), 2389–2397. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.04.131>
- Hernandez-Leal, P., Gonzalez, J. A., Morales, E. F., & Enrique Sucar, L. (2013). Learning temporal nodes Bayesian networks. *International Journal of Approximate Reasoning*, 54(8), 956–977. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2013.02.011>
- Hernández, B., Pennington, S. R., & Parnell, A. C. (2015). Bayesian methods for proteomic biomarker development. *EuPA Open Proteomics*, 9, 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.euprot.2015.08.001>
- Huang, K., Zhou, C., Tian, Y.-C., Tu, W., & Peng, Y. (2017). Application of Bayesian network to data-driven cyber-security risk assessment in SCADA networks. 2017 27th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC), november, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ATNAC.2017.8215355>

- Ilham, I. (2016). Rekayasa Perangkat Lunak Deteksi Dini Kecenderungan Gangguan Kesehatan Masyarakat Tertinggal Dan Pesisir Dengan Bayesian Network. *Jurnal Informatika*, 13(2), 127–131. <https://doi.org/10.9744/informatika.13.2.39-43>
- Jäger, W. S., Christie, E. K., Hanea, A. M., den Heijer, C., & Spencer, T. (2017). A Bayesian network approach for coastal risk analysis and decision making. *Coastal Engineering*, January, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.05.004>
- Jensen, K. L., Toftum, J., & Friis-Hansen, P. (2009). A Bayesian Network approach to the evaluation of building design and its consequences for employee performance and operational costs. *Building and Environment*, 44(3), 456–462. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.04.008>
- Jin, Y., Su, Y., Zhou, X. H., & Huang, S. (2016). Heterogeneous multimodal biomarkers analysis for Alzheimer's disease via Bayesian network. *Eurasip Journal on Bioinformatics and Systems Biology*, 2016(1), 4–11. <https://doi.org/10.1186/s13637-016-0046-9>
- Johnson, S., Marker, L., Mengersen, K., Gordon, C. H., Melzheimer, J., Schmidt-Küntzel, A., Nghikembua, M., Fabiano, E., Henghali, J., & Wachter, B. (2013). Modeling the viability of the free-ranging cheetah population in Namibia: An object-oriented Bayesian network approach. *Ecosphere*, 4(7), 1–19. <https://doi.org/10.1890/ES12-00357.1>
- Kaeser, T., Klingler, S., Schwing, A. G., & Gross, M. (2017). Dynamic Bayesian Networks for Student Modeling. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 1382(c), 1–1. <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2689017>
- Katsanos, K., Spiliopoulos, S., Karunanithy, N., Krokidis, M., Sabharwal, T., & Taylor, P. (2014). Bayesian network meta-analysis of nitinol stents, covered stents, drug-eluting stents, and drug-coated balloons in the femoropopliteal artery. *Journal of Vascular Surgery*, 59(4), 1123–1133.e8. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2014.01.041>
- Kondakci, S. (2010). Network Security Risk Assessment Using Bayesian Belief Networks. 2010 IEEE Second International Conference on Social Computing, 952–960. <https://doi.org/10.1109/SocialCom.2010.141>
- Kreimer, A., & Herman, M. (2016). A Novel Structure Learning Algorithm for Optimal Bayesian Network: Best Parents. *Procedia Computer Science*, 96, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.08.092>
- Kuang, D., Yang, R., Chen, X., Lao, G., Wu, F., Huang, X., Lv, R., Zhang, L., Song, C., & Ou, S. (2017). Depression recognition according to heart rate variability using Bayesian Networks. *Journal of Psychiatric Research*, 95, 282–287. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2017.09.012>
- Kumar, S., & Tripathi, B. K. (2016). Modelling of Threat Evaluation for Dynamic Targets Using Bayesian Network Approach. *Procedia Technology*, 24, 1268–1275. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.112>
- Kurniawan, R., & Wardhani, L. K. (2011). Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Mata Dengan Metode Bayesian Network. *SNTIKI III 2011*, 309–315.
- Kwisthout, J. (2011). Most probable explanations in Bayesian networks: Complexity and tractability. *International Journal of Approximate Reasoning*, 52(9), 1452–1469. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2011.08.003>
- Landoni, G., Greco, T., Biondi-Zoccai, G., Neto, C. N., Febres, D., Pintaudi, M., Pasin, L., Cabrini, L., Finco, G., & Zangrillo, A. (2013). Anaesthetic drugs and survival: A bayesian network meta-analysis of randomized trials in cardiac surgery. *British Journal of Anaesthesia*, 111(6), 886–896. <https://doi.org/10.1093/bja/aet231>
- Lee, S. M., & Abbott, P. A. (2003). Bayesian networks for knowledge discovery in large datasets: Basics for nurse researchers. *Journal of Biomedical Informatics*, 36(4–5), 389–399. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2003.09.022>
- Li, D., Miwa, T., & Morikawa, T. (2016). Modeling time-of-day car use behavior: A Bayesian network approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 47, 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.04.011>
- Li, H., Liu, C., Burge, L., Dae Ko, K., & Southerland, W. (2012). Predicting protein-protein interactions using full Bayesian network. 2012 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine Workshops, 544–550. <https://doi.org/10.1109/BIBMW.2012.6470198>
- Liu, Y., Cheah, W. P., Kim, B., & Park, H. (2008). Predict Software Failure-prone by Learning Bayesian Network. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 1(1), 35–42.
- Liu, Y., Jia, Y., Feng, X., & Wu, J. (2018). Bus Route Design with a Bayesian Network Analysis of Bus Service Revenues. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 8.
- López-Araquistain, J., Jarama, Á. J., Besada, J. A., de Miguel, G., & Casar, J. R. (2019). A new approach to map-assisted Bayesian tracking filtering. *Information Fusion*, 45(August 2017), 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.01.002>

- López-Cruz, P. L., Larrañaga, P., DeFelipe, J., & Bielza, C. (2014). Bayesian network modeling of the consensus between experts: An application to neuron classification. *International Journal of Approximate Reasoning*, 55(1 PART 1), 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2013.03.011>
- Lukman, A. (1950). Algoritma Bayesian Network Untuk Simulasi Prediksi Pemenang Pilkada Menggunakan Msbnx. 100–107.
- Mahmudy, W. F., & Widodo, A. W. (2014). Klasifikasi Artikel Berita Menggunakan Naive Bayes Classifier yang Dimodifikasi. *Tekno*, 21.
- Marlita, O. A., Kurniati, A. P., Informatika, F., & Telkom, I. T. (2015). Anomaly Detection Pada Intrusion Detection System (Ids) Menggunakan Metode Bayesian Network. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Telekomunikasi*, 17(September 2015), 53–61.
- Marrone, S. (2015). Using Bayesian networks for highly available cloud-based web applications. *Journal of Reliable Intelligent Environments*, 1(2–4), 87–100. <https://doi.org/10.1007/s40860-015-0009-z>
- Mascaro, S., Nicholson, A. E., & Korb, K. B. (2011). Anomaly detection in vessel tracks using bayesian networks. *CEUR Workshop Proceedings*, 818, 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2013.03.012>
- Mata, J., de Miguel, I., Durán, R. J., Merayo, N., Singh, S. K., Jukan, A., & Chamania, M. (2018). Artificial intelligence (AI) methods in optical networks: A comprehensive survey. *Optical Switching and Networking*, 28(January), 43–57. <https://doi.org/10.1016/j.osn.2017.12.006>
- Meirelles, S. P., Rebolledo, D. C., Correia, L. F., Baptista, A. M., & Camargo, O. P. (2015). Uncemented Arthroplasty for Hip Pain and Fracture after Metastatic Disease and Multiple Myeloma: Case Series, Exploratory Graphical Analysis and Bayesian Network Modeling. *Journal of Orthopedic Oncology*, 01(01), 1–7. <https://doi.org/10.4172/2472-016X.1000103>
- Mendes, E. (2007). The Use of a Bayesian Network for Web Effort Estimation. *Proceedings of International Conference on Web Engineering - ICWE'07, 2004*, 90–104. <https://doi.org/10.1109/ICWE.2008.16>
- Moreira, C., & Wichert, A. (2018). Are quantum-like Bayesian networks more powerful than classical Bayesian networks? *Journal of Mathematical Psychology*, 82, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2017.11.003>
- Muhammad Hasbi, Rully Mujiastuti, M., & Syarip. (n.d.). PENERAPAN METODE BAYESIAN NETWORK DALAM APLIKASI E-LEARNING BERBASIS WEB. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi Dan Komputer*, 7(2).
- Mukesh Kumari, Dr. Rajan Vohra, A. A. (2014). Prediction of Diabetes Using Bayesian Network. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(4), 5174–5178.
- Myers, C. L., & Troyanskaya, O. G. (2007). Context-sensitive data integration and prediction of biological networks. *Bioinformatics*, 23(17), 2322–2330. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btm332>
- Naticchia, B., Fernandez-Gonzalez, A., & Carbonari, A. (2007). Bayesian Network model for the design of rooftop equipped buildings. *Energy and Buildings*, 39(3), 258–272. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.002>
- Network, D. S. E. M. B. (2016). Deteksi Spam Email Menggunakan Bayesian Network. *Prosiding Annual Research Seminar*, 2(1), 209–211.
- Nielsen, S. H., & Nielsen, T. D. (2008). Adapting Bayes network structures to non-stationary domains. *International Journal of Approximate Reasoning*, 49(2), 379–397. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2008.02.007>
- Nillius, P., Sullivan, J., Carlsson, S., Vouton, V., & Box, P. O. (2006). Multi-Target Tracking – Linking Identities using Bayesian Network Inference. *Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference On*, 2187–2194. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2006.198>
- Ordóñez Galán, C., Matías, J. M., Rivas, T., & Bastante, F. G. (2009). Reforestation planning using Bayesian networks. *Environmental Modelling and Software*, 24(11), 1285–1292. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.05.009>
- Pan, R., Mejia Sanchez, L., & Inc, C. (2017). Obtaining Reliability Insights during a Product's Conceptual Design Process through Bayesian Network Modeling. *Industrial Engineering & Management*, 06(03). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000224>
- Perkusich, M., Soares, G., Almeida, H., & Perkusich, A. (2015). A procedure to detect problems of processes in software development projects using Bayesian networks. *Expert Systems with Applications*, 42(1), 437–450. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.08.015>
- Poeschl, S., Wirth, F., & Bauernhansl, T. (2016). Situation-based Methodology for Planning the Commissioning of Special Machinery Using Bayesian Networks. *Procedia CIRP*, 57, 247–252. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.043>

- Prabhakaran, R., Krishnaprasad, R., Nanda, M., & Jayanthi, J. (2016). System Safety Analysis for Critical System Applications Using Bayesian Networks. *Procedia Computer Science*, 93(September), 782–790. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.294>
- Prathivi, R. (2015). Klasifikasi Data Trafik Internet Menggunakan Metode Bayes Network ( Studi Kasus Jaringan Internet Universitas Semarang ). *Jurnal Transformatika*, 12(2), 42–45.
- Rao, M., & Kamila, N. K. (2017). Bayesian network based energy efficient ship motion monitoring. *Karbala International Journal of Modern Science*. <https://doi.org/10.1016/j.kijoms.2017.11.001>
- Rehg, J. M., Murphy, K. P., & Fieguth, P. W. (1999). Vision-Based Speaker Detection Using Bayesian Networks. *Computer Vision and Pattern Recognition, 1999. IEEE Computer Society Conference*, 00(c), 2.
- Retno, D., & Saputro, S. (2009). Memprediksi Curah Hujan ( Data Spatio-Temporal ) Dengan Metode Bayesian Networks. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, 1, 37–42.
- Rochmad, M. (2009). Identifikasi Kerusakan Pankreas Melalui Iridology Menggunakan Metode Bayes Untuk Pengenalan Diabetes Mellitus. *Seminar Nasional Informatika 2009, 2009(semnasIF)*, 33–42.
- Rupareliya, J., Vithlani, S., & Gohel, C. (2016). Securing VANET by Preventing Attacker Node Using Watchdog and Bayesian Network Theory. *Procedia Computer Science*, 79, 649–656. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.03.082>
- Sari, B. N., Permana, H., Trihandoko, K., Jamaludin, A., & Umidah, Y. (2017). Prediksi Produktivitas Tanaman Padi di Kabupaten Karawang Menggunakan Bayesian Networks. *Jurnal INFOTEL*, 9.
- Setiawan, W., Kom, M., & Riza, L. S. (n.d.). PENGGUNAAN METODE BAYESIAN NETWORK DALAM SISTEM PAKAR Indyana Meigarani Ketentuan Umum Kata Kunci. *Jurnal Program Komputer*, 1–5.
- Shi, D., Zurada, J., & Guan, J. (2016). A Bayesian network approach to classifying bad debt in hospitals. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2016–March, 3298–3307. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.412>
- Sierra, L. A., Yepes, V., García-Segura, T., & Pellicer, E. (2018). Bayesian network method for decision-making about the social sustainability of infrastructure projects. *Journal of Cleaner Production*, 176, 521–534. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.140>
- Su, X., Bai, P., Du, F., & Feng, Y. (2011). Application of Bayesian Networks in Situation Assessment. *Intelligent Computing and Information Science: International Conference, ICICIS 2011, Chongqing, China, January 8-9, 2011. Proceedings, Part I*, 643–648. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-18129-0\\_97](https://doi.org/10.1007/978-3-642-18129-0_97)
- Suchánek, P., Marecki, F., & Bucki, R. (2014). Self-learning bayesian networks in diagnosis. *Procedia Computer Science*, 35(C), 1426–1435. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.08.200>
- Taylor, D., Biedermann, A., Hicks, T., & Champod, C. (2018). A template for constructing Bayesian networks in forensic biology cases when considering activity level propositions. *Forensic Science International: Genetics*, 33(November 2017), 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.12.006>
- Thu, H. N. T., & Ngoc, D. V. T. (2014). Improve Bayesian Network to Generating Vietnamese Sentence Reduction. *International Conference on Future Information Engineering*, 10, 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.ieri.2014.09.076>
- Tinaliah. (2015). Aplikasi sistem pakar untuk diagnosa penyakit hewan ternak sapi dengan bayesian network. *Jurnal Ilmiah SISFOTENIKA*, 5(1), 13–24.
- Torabi, R., Moradi, P., & Khantaimoori, A. R. (2012). Predict Student Scores Using Bayesian Networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 4476–4480. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.280>
- Wan, P., Zongliang, & Yue, Zhan Xie, Qiang Gao, Mengyao Yu, Zhiwei Yang, J. H. (2013). Mechanisms of Radiation Resistance in *Deinococcus radiodurans* R1 Revealed by the Reconstruction of Gene Regulatory Network Using Bayesian Network Approach. *Journal of Proteomics & Bioinformatics*, 01(S6), 6–10. <https://doi.org/10.4172/jpb.S6-007>
- Wang, J., Tang, Y., Nguyen, M., & Altintas, I. (2014). A Scalable Data Science Workflow Approach for Big Data Bayesian Network Learning. *2014 IEEE/ACM International Symposium on Big Data Computing*, 16–25. <https://doi.org/10.1109/BDC.2014.10>
- Wang, Z., & Chan, L. (2011). Using Bayesian Network Learning Algorithm to Discover Causal Relations in Multivariate Time Series. *2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining*, 814–823. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2011.153>

- Weil, K. K., Cronan, C. S., Meyer, S. R., Lillieholm, R. J., Danielson, T. J., Tsomides, L., & Owen, D. (2018). Predicting stream vulnerability to urbanization stress with Bayesian network models. *Landscape and Urban Planning*, 170(November), 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.11.001>
- Wicaksono, Y. A., Santoso, H. A., & Earthquake, D. (2016). Implementasi Metode Bayesian Network Untuk Decision Support System Pada. *Seminar Nasional Teknologi Informasu Dan Multimedia 2016*, 6–7.
- Wijesiri, B., Deilami, K., McGree, J., & Goonetilleke, A. (2018). Use of surrogate indicators for the evaluation of potential health risks due to poor urban water quality: A Bayesian Network approach. *Environmental Pollution*, 233, 655–661. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.076>
- Wu, J., & Yang, M. (2013). Modeling Commuters' Travel Behavior by Bayesian Networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96(Cictp), 512–521. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.060>
- Xu, X., Zhu, L., Sun, D., Tran, A. B., Weber, I., Fu, M., & Bass, L. (2016). Error Diagnosis of Cloud Application Operation Using Bayesian Networks and Online Optimisation. *Proceedings - 2015 11th European Dependable Computing Conference, EDCC 2015*, 37–48. <https://doi.org/10.1109/EDCC.2015.15>
- Yu, D., Huang, X., Wang, H., Cui, Y., Hu, Q., & Zhou, R. (2010). Short-Term Solar Flare Level Prediction Using a Bayesian Network Approach. *The Astrophysical Journal*, 710(1), 869–877. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/710/1/869>
- Zarkasi, I. B., H, R. M., Fitria, D. N., Studi, P., Informatika, T., & Sains, F. (2011). Metode Bayesian Networks untuk Menyelesaikan Occlusion pada Object Tracking. *Journal AI - Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 1(2), 89–94.
- Zhang, G., & Thai, V. V. (2018). Addressing the epistemic uncertainty in maritime accidents modelling using Bayesian network with interval probabilities. *Safety Science*, 102(October 2017), 211–225. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.016>
- Zhang, L., Wu, X., Skibniewski, M. J., Zhong, J., & Lu, Y. (2014). Bayesian-network-based safety risk analysis in construction projects. *Reliability Engineering and System Safety*, 131, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.res.2014.06.006>