

Sistematic Review: Model Peramalan Wabah Penyakit Demam Berdarah

Agus Qomaruddin Munir
Program Studi Manajemen Informatika
Universitas Respati Yogyakarta
Yogyakarta, Indonesia
agus.qomaruddin@ugm.ac.id

Anny Kartika Sari
Jurusan Ilmu Komputer & Elektronika
Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
a_kartikasari@ugm.ac.id

Abstract—Penyebaran wabah penyakit demam berdarah *dengue* (DBD) secara global dengan tingkat frekuensi yang cenderung tinggi pada kurun waktu 50 tahun terakhir memunculkan sebuah gagasan pencegahan yang sistematis. Epidemiologi DBD memberikan pola pencegahan terhadap wabah DBD untuk menanggulangi masalah tersebut.

Ulasan ini bertujuan memberikan gambaran secara sistematis terhadap pemodelan peramalan (*forecast*) data DBD dengan pendekatan pola spasial dan spatio-temporal yang menghasilkan peta risiko kejadian DBD. Untuk mendapatkan hasil peramalan yang tepat harus memperhatikan variabel peramalan/prediktor. Variabel prediktor memiliki kategori yang terdiri atas variabel demografis dan sosial ekonomi (misal: usia jenis kelamin, pendidikan, dan kondisi wilayah tempat tinggal). Diantara faktor lingkungan yang mempunyai pengaruh signifikan adalah curah hujan dan suhu udara. Peta deskriptif memberikan informasi titik lokasi DBD (*dengue hotspot*) yang berguna untuk mengidentifikasi besaran resiko pada suatu wilayah.

Tinjauan dilihat dari beberapa kategori yaitu trend riset penyakit DBD, dari aspek bidang ilmu epidemiologi, *forecasting* model, *statistical* model, dan spasial model. Selanjutnya dari aspek teknis sistem yang dihasilkan dengan melihat dampak, kontribusi, ketepatan (*accuracy*) dan algoritma. Tersedianya sumber daya, kelayakan akuisisi, kualitas data, di samping keahlian teknis yang tersedia, menentukan akurasi model peramalan dan peta risiko DBD serta penerapannya dalam bidang kesehatan masyarakat. Beberapa variabel prediktor yang tidak diketahui menimbulkan tantangan dan membatasi kemampuan untuk menghasilkan model peramalan dan peta risiko yang efektif dan menjadi faktor kegagalan dalam pengembangan sistem.

Keywords—*demam berdarah dengue, forecast, prediction, spatial model, data mining*

I. PENDAHULUAN

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan jenis penyakit arbovirus yang ditransmisikan oleh 2 jenis vektor nyamuk yaitu *Aedes aegypti* dan *Ae. Albopictus*. Wabah DBD kebanyakan ditemukan di daerah tropis dan sub tropis. Transmisi persebaran virus disebabkan oleh bermacam-macam faktor, salah satunya adalah kepadatan vektor nyamuk, peredaran serotipe virus dan tingkat populasi penduduk. Diperkirakan DBD mengalami kenaikan jumlah penderita setiap tahun dengan *range* antara 50-100 juta dan angka

kematian kurang lebih 25.000 di seluruh dunia pada tahun 2013 [1].

WHO melaporkan bahwa kembali munculnya penyakit menular merupakan peringatan bahwa kemajuan yang dicapai sejauh ini terhadap keamanan global di bidang kesehatan dan kemakmuran mungkin terbuang. Jumlah penduduk di dunia kurang lebih 2,5 miliar manusia dengan jumlah 2/5 dari penduduk tersebut yang berada di wilayah tropis dan sub tropis [2] beresiko terhadap penularan penyakit DBD. Demam berdarah *dengue* endemik di lebih dari 100 negara di wilayah Afrika, Amerika, Mediterania Timur, Asia Tenggara dan Pasifik Barat. Asia Tenggara dan Pasifik Barat merupakan daerah terparah karena dampak dari penyakit menular tersebut [1].

Di Indonesia DBD menjadi masalah kesehatan masyarakat selama 41 tahun terakhir. Sejak tahun 1968 telah terjadi peningkatan persebaran jumlah provinsi dan kabupaten/kota yang endemis DBD, dari 2 provinsi dan 2 kota, menjadi 32 (97%) dan 382 (77%) kabupaten/kota pada tahun 2009. Provinsi Maluku, dari tahun 2002 sampai tahun 2009 tidak ada laporan kasus DBD. Selain itu terjadi juga peningkatan jumlah kasus DBD, pada tahun 1968 hanya 58 kasus menjadi 158.912 kasus pada tahun 2009 [3].

Perubahan faktor demografis, urbanisasi, pasokan air bersih yang tidak memadai, migrasi penduduk [4], dan pengenalan wilayah baru melalui perjalanan internasional menyebabkan peningkatan yang signifikan terhadap wabah DBD dan sekitar 3,6 miliar orang saat ini memiliki potensi resiko terkena wabah [5] selain itu faktor pengaruh yang lain yaitu perubahan iklim suatu wilayah [6; 7]. Perubahan lingkungan dan populasi profil imunologi, transmisi terhadap wabah DBD menunjukkan pola spasial dan temporal inheren dinamis. Prediktor yang memiliki sifat non-homogen dan tidak stabil dalam distribusi, mempersulit anggapan bahwa perubahan epidemiologi sebagai faktor tunggal. Meskipun memiliki kompleksitas yang tinggi, analisis variabel terkait, distribusi vektor dan identifikasi kasus DBD dapat menjadi alat yang berguna untuk menghasilkan data spasial dan temporal terhadap skenario penanggulangan wabah DBD [8].

Penerapan surveilans yang diupayakan salah satunya adalah dengan melihat peta wilayah kejadian, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan kesiapan kesehatan masyarakat dalam menghadapi kejadian DBD di suatu wilayah dengan menyediakan alat bantu visual dalam pengambilan keputusan. Suatu daerah yang telah ditetapkan sebagai daerah kejadian penyakit menular dapat digunakan sebagai fasilitas tambahan alokasi sumber daya dalam bidang kesehatan masyarakat, dan juga dapat digunakan untuk sampel pencarian metode dalam melakukan penilaian epidemiologi DBD. Beberapa *tools* telah dikembangkan dan memiliki arti penting dalam beberapa dekade terakhir, tetapi kebanyakan tidak digunakan dalam konteks kesehatan masyarakat karena kompleksitasnya.

Review secara sistematis digunakan untuk menemukan sejauh mana riset yang telah dilakukan, menemukan *structure overview*, metode yang digunakan dan mencari variabel prediktor yang relevan terhadap peramalan kejadian kasus DBD dan jenis peta resiko DBD suatu wilayah. Penelitian ini membahas tentang perbandingan prediktor dan metode pemodelan yang umum digunakan dalam rangka menghasilkan jenis peta resiko yang relevan untuk pendukung keputusan kesehatan masyarakat. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan pengawasan DBD dan peta prediksi yang memungkinkan petugas kesehatan masyarakat untuk mengidentifikasi dan menargetkan daerah-daerah beresiko tinggi dengan tepat dan langkah-langkah pengendalian yang tepat waktu. Tujuan dari tinjauan sistematis ini adalah:

- i. Untuk melakukan peninjauan terhadap metode peramalan (*forecast*) kejadian penyakit DBD di suatu wilayah.
- ii. Untuk menilai variabel prediktor pemodelan yang digunakan sebagai dasar dalam pengembangan peta resiko DBD.
- iii. Untuk menggambarkan metode yang digunakan dalam pemetaan resiko DBD pembahasan serta penerapannya dalam konteks kesehatan masyarakat.

II. METODOLOGI

Penulisan review secara sistematis dilakukan pada kurun waktu bulan Agustus 2014 sampai dengan Januari 2015. Pencarian artikel dilakukan dengan cara mengakses ke portal jurnal elektronik seperti: *World Health Organization (WHO)*, *IEEE*, *Springer*, *Elsevier*, *Ebscohost*, *Proquest*, *Scintdirect* dan sebagainya. Referensi lain yaitu WHO, CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*), web Kementerian Kesehatan.

A. Teknik Pencarian Artikel

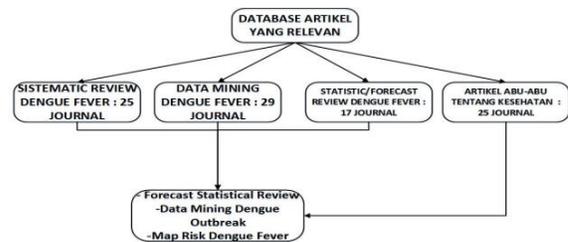
Dalam melakukan pencarian artikel dilakukan dengan cara pendekatan multilevel. Langkah pertama yaitu dengan penggunaan *heading article* berupa *medical subject heading* untuk tema di bidang kesehatan dan penggunaan kata kunci dalam pencarian ke dalam beberapa kategori yaitu:

- i. Penyakit DBD (*trend* penyakit DBD, epidemiologi).
- ii. Model peramalan penyakit DBD (*forecasting*).
- iii. Model *classification* DBD (pendekatan model *data mining*).
- iv. Spasial model (*mapping*, *cluster analysis*).
- v. *Surveillance* dan *monitoring*.

Dalam pencarian artikel di *database WHO* digunakan untuk wilayah regional Asia Tenggara, pencarian dilanjutkan dengan mencari artikel abu-abu kemudian mencari daftar referensi yang ada pada artikel tersebut.

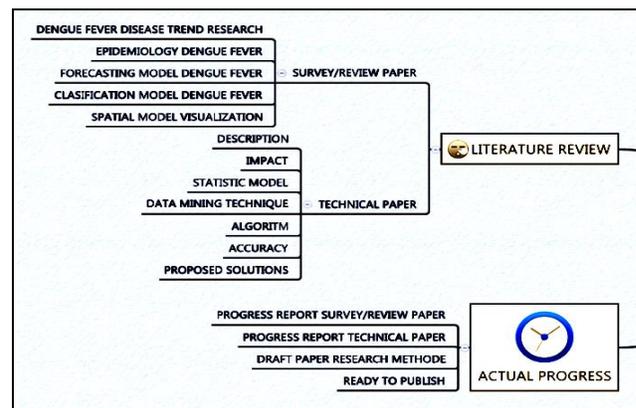
Hasil dari pencarian dikombinasikan dengan menggunakan *mendeley desktop (mendeley.com)*, kemudian dilakukan *filtering* artikel yang disesuaikan dengan masing-masing kategori. Setelah hasil pencarian diperoleh, dilakukan seleksi studi untuk mengklasifikasikan literatur menggunakan pendekatan tahap kedua.

Selama tahap pertama, peneliti melakukan pencarian artikel berdasarkan judul dan abstrak yang relevan dengan topik penelitian. Review artikel dilakukan dengan membagi ke dalam 3 kategori bahasan penelitian. Gambar 1 menunjukkan diagram alir pencarian dan pembagian artikel.



Gambar 1. Diagram Pencarian Artikel

Kemudian untuk kemudahan dalam melakukan rencana riset dibuat dengan menggunakan *software Xmind* seperti pada gambar 2:



Gambar 2. Deskripsi Review Sistematis Penelitian

B. Kriteria

Kriteria standar yang digunakan adalah sebagai berikut :

- i. Artikel teks lengkap yang menghasilkan model *forecasting* data dan peta resiko terjadinya wabah DBD. Dukungan *forecasting* data dan peta resiko didefinisikan sebagai peta yang diperoleh melalui beberapa pendekatan pemodelan dengan tujuan peramalan data dan mengukur tingkat resiko DBD di suatu wilayah geografis.
- ii. Area studi menggunakan tingkat morbiditas dan mortalitas sebagai variabel prediktor.

Kriteria khusus yang diterapkan:

- i. Model hanya berkaitan dengan komponen peramalan data dan variabel temporal terhadap pemetaan resiko DBD.
- ii. Penggunaan referensi yang mengandung abstrak, karya ilmiah berupa publikasi *paper*, artikel surat kabar ilmiah dan kuliah yang mewakili pendapat ahli tunggal tentang DBD.

C. Ekstraksi Data

Data artikel dikumpulkan secara manual kemudian dibuat ke dalam bentuk matriks. Variabel yang dikumpulkan selain informasi umum yang berkaitan jenis penelitian, yaitu periode pengumpulan data dan model peramalan yang digunakan.

Analisis karakteristik yang lain adalah berupa skala wilayah studi (misal: salah satu wilayah negara yang berupa provinsi, kecamatan dan kabupaten), wilayah spasial (misal: di level rumah tangga atau teragregasi untuk kota atau daerah yang lebih besar), dan wilayah studi yang dibedakan berdasarkan kota atau karakteristik pedesaan. Detil informasi peramalan data dan variabel yang berpengaruh disampaikan melalui peta resiko. Selain data morbiditas dan mortalitas DBD, terdapat juga data entomologi (vektor nyamuk dewasa, larva, nyamuk) keadaan sosial ekonomi, iklim dan prediktor lingkungan yang akan diekstraksi.

Kategori model peramalan data yang membedakannya adalah antara hasil peramalan (*forecast*), peta resiko DBD dan probabilitas meluasnya wabah DBD yang disebabkan oleh variabel prediktor. Output dari penelitian berupa analisis peramalan data (*forecast*), tipe pemetaan resiko dan relevansinya sampai mendapatkan kunci temuan yang baru. Bagian kunci temuan menyajikan saran dan faktor korelasi antara variabel yang berdiri sendiri (*independent*) dan faktor penyebab terjadinya wabah DBD. Variabel pemodelan dirangkum dalam deskripsi narasi dari area studi pada periode kurun waktu yang diambil dari referensi adalah mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2014.

D. Batasan Studi Literatur

Pencarian di basis data literatur dilakukan pada penelitian yang berbahasa Inggris dan Indonesia saja. Meskipun tidak ada batasan bahasa hasil aplikasi, penggunaan kata kunci dalam bahasa yang lain merupakan tambahan referensi guna memperkaya hasil studi literatur. Pencarian artikel dengan batasan kata kunci cuaca, iklim, musim, kelembaban udara, curah hujan, prediksi, peramalan dan resiko yang diteliti

dalam literatur tidak terbatas dalam pencarian. Kebanyakan data yang digunakan untuk model peramalan data kejadian DBD dan pemetaan risiko merupakan data sekunder oleh karena itu peramalan data dan pemetaan menjadi inheren dapat membatasi kualitas analisis data.

E. Statistik Artikel

Terdapat 96 artikel jurnal yang terbagi menjadi 4 kategori yaitu:

- i. 25 jurnal yang terkait dengan review penyakit DBD.
- ii. 29 jurnal yang terkait dengan *classification* data mining penyakit DBD.
- iii. 17 jurnal *forecasting* model data penyakit DBD.
- iv. 19 artikel tentang kesehatan secara global.

III. HASIL OBSERVASI

Pada sub bab berikut akan diuraikan mengenai ruang lingkup penelitian, rancangan studi yang akan dilakukan, tinjauan prediktor, dan tinjauan bahasan mengenai model.

A. Ruang Lingkup

Ruang lingkup studi yaitu meliputi banyak wilayah, negara dan tingkat administrasi pada pencarian artikel publikasi. Sebagian besar studi dilakukan pada skala lokal terjadi di daerah perkotaan kemudian informasi yang didapatkan bahwa daerah perkotaan tersebut memiliki potensi resiko tinggi untuk penularan virus *dengue* [1].

B. Rancangan Studi

Sebagian besar dari riset yang dilakukan menggunakan data sekunder kasus DBD dari survei yang dilaksanakan pada sistem pengawasan kesehatan, meskipun beberapa penelitian [9; 10; 11] dilakukan selama periode waktu yang lebih singkat pada saat terjadinya kasus epidemi DBD. Selain kasus DBD yang dilaporkan, prediktor penting yang digunakan untuk model peramalan (*forecast*) DBD berupa peta resiko termasuk variabel dari berbagai kategori yaitu populasi penduduk, demografi, status sosial ekonomi, iklim, lingkungan dan entomologi. Terdapat 11 studi membahas tentang DBD dengan menggunakan dataset kurang dari 2 tahun, sementara 13 dari 26 studi menggunakan dataset pada kurun waktu lima tahunan atau lebih lama.

C. Prediktor

Studi yang dilakukan kebanyakan menggunakan distribusi populasi untuk mendeskripsikan model peramalan data dan peta resiko DBD [12; 13; 14], secara umum data ini berasal dari sensus nasional. Misalnya, kelompok kerja di Arab Saudi menggunakan citra satelit untuk memperkirakan kepadatan penduduk. Data demografi, terutama usia, digunakan dalam beberapa studi. Prediktor sosial, seperti tingkat pendidikan, status pekerjaan, pendapatan dan kondisi perumahan, digunakan untuk menilai kondisi lingkungan serta kebersihan. Tingkat pendidikan dan jenis pekerjaan sering digunakan sebagai dasar untuk kesadaran terhadap transmisi penyakit DBD. Selain itu, jumlah vektor berkembang biak di sekitar perumahan juga digunakan dalam lingkup area studi. Berikut

merupakan beberapa prediktor penyebab terjadinya wabah DBD.

- Data Cuaca

Data cuaca diperlukan karena merujuk pada faktor yang disebabkan karena lingkungan. Sebagian dari artikel memasukkan cuaca sebagai prediktor. Prediktor dominan yang digunakan adalah curah hujan dan suhu udara [15; 16; 17]. Variabel iklim digunakan untuk menggambarkan pendukung data spasial dan temporal resiko demam berdarah.

- Data Lingkungan

Informasi lingkungan terdiri atas data vegetasi, air permukaan dan cakupan lahan. Sebagian prediktor besar digunakan untuk menggambarkan kesesuaian kondisi lingkungan untuk perkembangbiakan vektor dan kelangsungan hidup. Jenis data yang didapat dari lapangan diturunkan dari hasil penginderaan jauh dalam skala wilayah yang diamati.

- Komponen Temporal

Dari 26 studi penelitian, 10 penelitian berkaitan dengan komponen model temporal yang ditambahkan peta resiko spasial. Klasifikasi sementara risiko DBD tidak homogen. Pendekatan yang berbeda dari prediksi jangka panjang di bawah pengaruh perubahan iklim (misalnya, wabah DBD di wilayah yang baru dengan pola cuaca tahunan yang berbeda). Untuk memperoleh prediksi sementara yang lebih tepat, variabel prediktor berupa meteorologi perlu melakukan pendalaman resolusi temporal agar lebih cepat dalam mengakomodasi perubahan kondisi lingkungan. Beberapa penelitian tidak menggunakan prediktor iklim untuk pembentukan model, sementara penelitian lain memasukkan data iklim namun tidak memodelkan risiko temporal.

Di antara studi literatur yang ditinjau, jumlah dan jenis prediktor yang digunakan sangat bervariasi. Dari enam kategori yang diidentifikasi, yaitu populasi, demografi, sosial ekonomi, iklim, lingkungan, dan data entomologis, terdapat perbedaan dari penelitian-penelitian yang sebagian besar menggunakan model tunggal untuk mendapatkan peta resiko. Tiga diantaranya menggunakan satu kategori sebagai tambahan laporan kasus kejadian DBD, kemudian yang lain menggunakan data lingkungan dan jumlah populasi. Dari sebagian besar artikel yang di-review tidak ditemukan pola spesifik yang dikenali sebagai kombinasi dari masing-masing kategori yang dijadikan sebagai objek studi.

D. Bahasan Model

Bahasan model dalam penentuan resiko menggunakan metode matematika dan statistik yang digunakan untuk menghasilkan peta resiko DBD. Kasus kejadian DBD yang dilaporkan kemudian ditambah dengan variabel prediktor yang dipilih (misalnya, sosial ekonomi, iklim dan demografi) untuk memperkirakan resiko terjadinya DBD di suatu wilayah geografis. Peta-peta tersebut dihitung dengan mengambil variabel prediktor untuk masing-masing peta, berupa luas permukaan terkecil dengan nilai tertentu. Metode yang membedakan adalah pada saat penggunaan model itu sendiri,

indeks potensi resiko dihitung sedemikian rupa untuk mendapatkan perkiraan resiko.

IV. PEMBAHASAN

Pada sub bab ini akan dibahas tinjauan tentang variabel prediktor, tinjauan mengenai peta resiko, tinjauan mengenai peta peramalan, tinjauan mengenai peramalan kejadian dari teknik pemodelan yang selama ini telah dilakukan.

A. Variabel Prediktor

Variabel prediktor adalah variabel yang dikumpulkan dan digunakan untuk menentukan peta resiko DBD. Tidak ada pola spesifik dalam penentuan prediktor terkait dengan beberapa macam pendekatan model tertentu.

1) Populasi Penduduk, Demografi dan Data Sosial Ekonomi

Data demografi yang dijadikan sebagai objek penelitian digunakan untuk mengembangkan peta resiko pada skala lokal, misal lingkungan desa maupun kota. Selain kedua data di atas, mobilitas penduduk dan kondisi rumah merupakan vektor yang berpotensi tinggi sebagai penyebab. Dalam ulasan artikel pada review penelitian ini, prediktor yang berkaitan dengan kondisi perumahan yang buruk merupakan indikator kuat yang mendukung terjadinya wabah DBD [6; 8; 18], terlepas dari data yang dikumpulkan oleh penginderaan jauh ataupun dengan cara yang lain.

Peta resiko menggambarkan letak dimana terjadi sebuah kasus DBD yang sebagian besar didasarkan pada data populasi penduduk. Selain sebagai peta populasi, peta deskriptif seperti ini berguna untuk memvisualisasikan *hotspot* wilayah kejadian penyakit DBD dengan tingkat resiko yang tinggi. Pada beberapa artikel, identifikasi dilakukan pada variabel yang tidak biasa yang mungkin penting untuk pemetaan resiko penyakit DBD. Sebagai contoh, penelitian Liebman et al. (2014) yang melakukan identifikasi antara lain letak wilayah yang dekat pemakaman, rumah sakit, sekolah dan infrastruktur publik merupakan prediktor yang signifikan. Sedangkan tiga penelitian lain, yaitu [6; 9; 14] mengidentifikasi kombinasi gender dan kelompok usia tertentu.

2) Iklim, Data Lingkungan dan Komponen Temporal

Data iklim dan cuaca yang ditemukan berguna untuk prediksi peta resiko dan hampir semua publikasi mengulas tentang komponen tersebut yang digunakan sebagai masukan data. Prediktor lingkungan dominan yang digunakan adalah curah hujan dan suhu udara [7; 8; 14; 19; 20], sedangkan terdapat variabel tambahan variabel kelembaban udara [9, 21]. Temuan ini menunjukkan bahwa untuk jenis data resolusi tinggi merupakan sebagai prasyarat untuk penciptaan peta prediksi, terutama yang digunakan untuk peringatan dini (*early warning system*). Pemodelan temporal DBD ditunjukkan untuk menghasilkan peramalan (*forecast*) yang baik dari situasi umum wabah DBD di beberapa studi, *review* menunjukkan bahwa untuk pemetaan resolusi tinggi, faktor-faktor lain, seperti gerakan manusia atau kondisi perumahan, juga merupakan faktor yang lebih mungkin terkait dengan terjadinya kasus DBD.

B. Peta Spasial Model Peramalan

Peta spasial merupakan alat bantu yang esensial dalam penyampaian deskripsi dalam bentuk gambar wilayah dengan dukungan data spasial. Terdapat berbagai jenis peta spasial dengan tujuan tertentu dan peta yang digunakan untuk model peramalan.

1) Berbagai Jenis Peta Dengan Tujuan Tertentu

Berbagai jenis peta dengan tujuan yang berbeda dan memiliki peran yang berbeda dalam aplikasi kesehatan masyarakat. Review tentang penerapan alat untuk prediksi, deteksi dan tren monitoring dalam sistem surveilans membahas kurangnya bukti tentang pengawasan yang paling layak dan berkelanjutan [22]. Studi prospektif sangat diperlukan untuk dapat menentukan model yang paling tepat dan paling hemat dari segi biaya serta sistem pengawasan dan respon yang baik untuk pencegahan kedaruratan wabah DBD.

2) Peta Prediksi Peramalan

Sebagian penelitian [1; 8; 19; 23; 24] membahas tentang penanganan DBD menggunakan peta deskriptif menggunakan variabel lingkungan dan manusia yang berhubungan dengan kasus DBD. Salah satu kelemahan dari jenis peta yang dihasilkan adalah nilai peramalan yang terbatas, karena hanya menunjukkan histori daerah dari kejadian penyakit DBD.

Meskipun relatif sederhana, hasil riset dapat membantu otoritas kesehatan masyarakat dalam menentukan titik daerah yang memiliki probabilitas meningkat dari waktu ke waktu dan memiliki kecenderungan pola yang sama di masa depan. Pendekatan model bekerja relatif cukup baik di daerah yang memiliki potensi transmisi endemis DBD dan mendeteksi *cluster* geografis. Meskipun dengan melakukan prediksi ada beberapa kapasitas yang kurang, namun informasi tersebut dapat menjadi informasi yang berharga untuk perawatan, pengendalian vektor, kampanye vaksin ke daerah endemis DBD.

C. Pendekatan Model

Pada sub bab 4.3 berisi tentang model yang dikembangkan untuk model peramalan data kejadian kasus DBD. Terdapat beberapa penelitian yang memiliki tujuan yang sama namun dengan cara atau teknik penyelesaian yang berbeda.

1) Pemodelan dari sisi Data Mining, Statistik & Spasial

Berikut ini beberapa model pendekatan untuk peramalan data kejadian kasus DBD ditinjau dari sisi *data mining*, *statistik*

1. Terdapat pengembangan model dengan penerapan epidemiologi spasial dan spasial temporal untuk mengukur variasi spasial dari hasil kesehatan, prediksi dan korelasi. Penelitian dilakukan dengan menguji hipotesis epidemiologi, untuk mengevaluasi hubungan kesehatan lingkungan dan sebagai petunjuk perancangan sampling data [9]. Batas-batas geografis merupakan zona perubahan yang cepat pada perubahan nilai variabel spasial yang didistribusikan dan secara matematis dapat didefinisikan sebagai lokasi permukaan spasial.

2. Pengembangan model peramalan dengan metode statistik data *time series* analisis biasanya menggunakan teknik ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dan seasonal ARIMA namun memerlukan keahlian pengolahan data statistik yang ahli (*expert*) [25; 26; 27].

3. Model lain dilakukan oleh Seera & Lim (2014) pada [28] dengan mengembangkan sistem cerdas hibrid yang terdiri dari jaringan saraf *Min-Max Fuzzy*, *klasifikasi* dan *regresi tree* sebagai alat bantu pendukung keputusan dan alat dukungan untuk klasifikasi data medis, namun tidak ada model peramalan data dan pemetaan pola spasial. Pekerjaan yang dilakukan memiliki kegunaan untuk pengukuran metrik dalam aplikasi medis yang meliputi akurasi, sensitivitas, spesifisitas, serta daerah di bawah kurva *Receiver Operating Characteristic* yang dihitung. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan metode lain. Sistem cerdas *hybrid* efektif untuk melakukan klasifikasi data medis jika diterapkan dalam penanganan wabah DBD.

4. Model lain membahas tentang prediksi kejadian kasus DBD yang mewabah, yang memerlukan dilakukannya pengendalian dan pencegahan. Prediksi dilakukan menggunakan *entropy technique* dan *artificial neural network* [29]. Penelitian ini menggunakan data eksternal seperti temperatur, curah hujan, dan kelembaban udara sebagai ekstrak data masukan. Selanjutnya, *supervised neural network* dikembangkan untuk menghitung kemungkinan resiko kejadian DBD. Prediksi dilakukan pada tahun 2007 dengan perbandingan akurasi data aktual sebesar 85,92 %.

5. Pengembangan model prediksi yang lain dilakukan dengan menitikberatkan pada peta resiko kejadian kasus DBD. Peta resiko dibuat secara global dengan dukungan basis data kejadian wabah penyakit DBD yang memiliki referensi data kejadian dari publikasi penelitian. Pemanfaatan data penginderaan jauh dari satelit (dari seri MODIS NASA), data meteorologi diinterpolasi, kemudian memprediksi peta distribusi dua spesies vektor utama demam berdarah yaitu *Aedes Aegypti* dan *Aedes Albopictus*. Data permukaan elevasi digital dan data kepadatan populasi digunakan sebagai variabel prediktor potensial pada pengembangan pemodelan [30].

6. Pengembangan model analisis spasial pada umumnya ditinjau oleh Pfeiffer et. al. (2008) pada penelitian [31], di mana sebagian besar teknik yang dijelaskan untuk ilustrasi prediksi penyakit menular menggunakan dataset epizootiological tuberculosis pada sapi di Inggris 1986-1999.

7. Ada beberapa pendekatan yang telah digunakan dalam memprediksi wabah demam berdarah di masa depan dengan mengoptimalkan keakuratan dalam prediksi [20; 32]. Penggunaan metode dalam prediksi menyebabkan perbedaan akurasi pada prediksi. Penggunaan data *training* dan *learning technique* yang berbeda memiliki tingkat keakuratan yang

berbeda pula. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi variabel yang berpengaruh sebagai data *training* serta mampu menghasilkan prediksi dengan akurasi yang tinggi pada kasus kejadian wabah DBD.

8. Penelitian lain membahas tentang pengembangan model prediksi untuk deteksi wabah DBD menggunakan beberapa aturan berdasarkan *classifiers (multiple rule based classifier)* [33]. Dalam hal ini dapat digunakan teknik klasifikasi *naïve bayes, decision tree, rough set theory* dan *associative classification*. Model prediksi diperoleh dari pengklasifikasian berdasarkan aturan independen kemudian model prediktif digabungkan dengan mengadopsi prosedur *post-mining* [34]. Pada umumnya beberapa pengklasifikasi diperoleh melalui langkah-langkah yaitu penghapusan redundansi dalam aturan (*rule*), ringkasan dan generalisasi aturan, mengelompokkan aturan, dan menciptakan kombinasi *classifier*.

9. Penelitian yang dilakukan di wilayah negara Malaysia dengan menggunakan sistem surveilans DBD dengan integrasi model prediksi wabah DBD secara konvensional masih dilakukan [35]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang model *neural network modelling (NNM)* dan model *non linear regression (NLRM)* menggunakan arsitektur dan parameter *time series* data, lokasi dan data curah hujan untuk menentukan arsitektur terbaik dalam melakukan prediksi awal wabah DBD.

10. Penelitian yang lain membahas tentang analisis *time series* data kejadian kasus DBD dengan memasukkan variabel iklim sebagai prediktor [36]. Pendekatan model yang digunakan adalah Box Jenkins yang memungkinkan untuk data musiman menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* terhadap kejadian kasus DBD tahun 2000-2006 sebagai data *training* dan tahun 2007 sebagai data *testing*. Perhitungan perbandingan menggunakan 3 pendekatan yang berbeda yaitu 1 tahun ke depan, 3 bulan- ke depan dan 1 bulan ke depan. Penilaian terhadap dampak dari variabel meteorologi (curah hujan, suhu dan kelembaban relatif) pada prediksi kejadian berdarah dan wabah, merupakan model terbaik yang dihasilkan.

11. Penelitian yang dilakukan di daerah Machala Negara bagian Ecuador melakukan analisis terhadap kasus DBD dengan georeferensi, data sensus nasional, data surveilans, data *time series* mingguan yang dikumpulkan pada tingkat kota serta data cuaca [37]. Analisis spasial dilakukan dengan menggunakan LISA (*Local Indicators of Spatial Association*) dan Moran's I untuk analisis distribusi spasial kasus kejadian DBD, penggunaan model multivariat regresi. Dukungan data *time series (wavelet)* mingguan atau bulanan dan data kejadian kasus DBD pada periode (misal tahunan, dua tahunan) yang memiliki keterkaitan variabel yang menyebabkan wabah DBD.

2) Indikasi Penelitian

Indikasi yang digunakan dalam penelitian sebagian besar terdiri dari tiga indeks sementara yaitu indeks yang menggambarkan kejadian, durasi, dan intensitas *dengue* berdasarkan laporan kasus DBD dan data penduduk.

3) Level Resiko

Pada beberapa penelitian tingkatan risiko dihitung dari model yang dibentuk atau merupakan indeks perkiraan dengan memulainya dari angka nol sampai angka satu, yaitu jika "nol" menunjukkan tidak ada risiko DBD dan "satu" menunjukkan terjadinya kasus DBD. Beberapa penelitian menggunakan 3-4 tingkatan kategori risiko dengan model gradasi dari tingkatan rendah ke tingkatan yang lebih tinggi. Penelitian yang menggunakan variabel temporal [2; 38] memiliki kategori yang lebih kompleks yaitu terdiri dari 8 kategori. Selanjutnya terdapat pembahasan artikel pada nilai kategori risiko yang dideskripsikan dalam bentuk piksel peta dengan mempertimbangkan risiko daerah tetangga dalam analisis menggunakan metode *Local Indicator Spatial Autocorrelation (LISA)* [4; 9; 13]. Dalam pendekatan model secara umum digunakan paling sedikit hanya kategori prediktor. Dalam penelitian yang lebih spesifik minimal diberikan tiga kategori prediktor dengan menyertakan populasi dan sosial-ekonomi.

4) Beberapa Peluang Penelitian

Profil serologi dan keragaman genetik virus menjadikan kelemahan peramalan data kejadian DBD saat ini. Peta penyebaran virus yang sesuai dengan keadaan nyata dilapangan memiliki karakter yang dinamis dan multifaktorial. Peramalan data dengan model klasifikasi data mining dikembangkan, kemudian dibandingkan dengan model yang lain untuk uji akurasi model yang dibentuk [2]. Selain itu, prediksi spasial dilakukan untuk mencari pengetahuan yang tersembunyi dalam basis data spasial.

Pengumpulan data spasial dengan model analisis, peramalan dan tafsiran data ke organisasi kesehatan ditujukan untuk melakukan kampanye pencegahan [39]. Penelitian lain membahas tentang *toolkit* geospasial yang dirancang untuk integrasi antara modul pengelolaan data spasial yang digunakan ahli epidemiologi untuk *upload* data spatio temporal, kemudian menggunakan *Kernel Density Estimation (KDE)* untuk memetakan wabah demam berdarah, modul basis data spasial kemudian memvisualisasikan hubungan ruang-waktu pada kejadian penyakit DBD [40].

Pembentukan model peramalan data kejadian DBD selain dapat diprediksi dengan model matematika dan statistika membuka peluang juga dalam teknik peramalan klasifikasi data *mining* dengan mengukur tingkat keakurasian hasil peramalan. Ulasan di atas menunjukkan berbagai macam sudut pandang penelitian untuk menentukan peta risiko DBD.

Dari dua prediktor dan pendekatan pemodelan yang digunakan untuk membuat peta risiko, belum ada standarisasi ataupun metode secara spesifik untuk melakukan analisis data. Hal ini menunjukkan bahwa bidang peramalan data kejadian DBD dengan pendekatan klasifikasi data *mining* dan pemetaan risiko penyakit DBD masih perlu penelusuran lebih lanjut dan masih perlu untuk dikembangkan.

V. KESIMPULAN

DBD memiliki karakteristik mewabah yang ditandai dengan tingginya laporan kejadian secara klinis dari kasus kejadian ditinjau dari sisi ruang dan waktu. Sampai saat ini, hal ini tetap menjadi tantangan. Model peramalan masih kurang handal untuk mengantisipasi wabah. Peramalan data tentang kasus kejadian DBD untuk pemetaan resiko spasial dan spatio-temporal kompleks untuk model dan tergantung pada keberagaman faktor prediktor. Untuk meningkatkan improvisasi dalam menggambarkan dinamika penularan wabah penyakit DBD, model yang berorientasi pada masa depan sangat dibutuhkan dengan mempertimbangkan variabel vektor virus *dengue* dan variabel pergerakan manusia dalam melakukan peramalan data kejadian DBD di masa yang akan datang. Peramalan (*forecast to the future*) data tentang wabah DBD dimasa yang akan datang dan analisis data spasial merupakan langkah penting yang dijadikan sebagai *goal* dari riset selanjutnya.

Ketersediaan perangkat dengan perkembangan yang pesat saat ini mendukung fasilitas georeferensi memungkinkan untuk melakukan spekulasi dengan cara mengintegrasikan dua faktor terakhir (virus dan pergerakan manusia) dalam jangka waktu yang wajar. Dengan segala keterbatasan penelitian yang ada, peramalan (*forecast*) data kejadian DBD dan analisis data terhadapnya, yang kemudian bisa menyajikannya ke dalam peta risiko, merupakan sebuah alat ampuh untuk memfasilitasi keputusan-keputusan dalam bidang kesehatan masyarakat.

REFERENSI

- [1] World Health Organization (WHO). (2013) Comprehensive Guidelines for Prevention and Control of Dengue Haemorrhagic Fever. Regional Office for South East Asia.
- [2] Chen, C.-C., & Chang, H.-C. (2013). Predicting dengue outbreaks using approximate entropy algorithm and pattern recognition. (2013). *The Journal of Infection*, 67(1), 65–71. doi:10.1016/j.jinf.2013.03.012
- [3] Achmadi U.F. (2010). Demam Berdarah Dengue di Indonesia Tahun 1968-2009, Buletin Jendela Epidemiologi Vol-2, pp. 1-13.
- [4] Cattand P, Desjeux P, Guzmán MG, Jannin J, Kroeger A, Medici A, Musgrove P, Nathan MB, Shaw A, Schofield CJ. (2006). Tropical Diseases Lacking Adequate Control Measures: Dengue, Leishmaniasis, and African Trypanosomiasis. In *Disease Control Priorities in Developing Countries*. 2nd edition. Edited by Jamison DT, Breman JG, Measham AR, Alleyne G, Claeson M, Evans DB, Jha P, Mills A, Musgrove P. Washington (DC): World Bank.
- [5] Wilder-Smith A, Gubler DJ. (2008). Geographic expansion of dengue: the impact of international travel. *Med Clin North Am*. 92:1377–1390.
- [6] Aström C., Rocklöv, J., Hales, S., Béguin, A., Louis V, Sauerborn R: Potential distribution of dengue fever under scenarios of climate change and economic development. *Ecohealth*. (2012). 9:448–454.
- [7] Banu S, Hu W, Hurst C, Tong S. (2011). Dengue transmission in the Asia-Pacific region: impact of climate change and socio-environmental factors. *Trop Med Int Health*, 16:598–607.
- [8] Ostfeld RS, Glass GE, Keasing F. (2005). Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. *Trends Ecol Evol (Amst)* 2005, 20:328–336.
- [9] Boyer S, Foray C, Dehecq J-S. (2014). Spatial and temporal heterogeneities of *Aedes albopictus* density in La Reunion Island: rise and weakness of entomological indices. *PLoS One*, 9:e91170.
- [10] Syed M, Saleem T, Syeda U-R, Habib M, Zahid R, Bashir A, Rabbani M, Khalid M, Iqbal A, Rao EZ, Shujja-ur-Rehman, Saleem S. (2010). Knowledge, attitudes and practices regarding dengue fever among adults of high and low socioeconomic groups. *J Pak Med Assoc* 3:243–7.
- [11] Reiner RC, Stoddard ST, Forshey BM, King AA, Ellis AM, Lloyd AL, Long KC, Rocha C, Vilcarronero S, Astete H, Bazan I, Lenhart A, Vazquez-Prokopec GM, Paz-Soldan VA, McCall PJ, Kitron U, Elder JP, Halsey ES, Morrison AC, Kochel TJ, Scott TW: Time-varying, serotype-specific force of infection of dengue virus. (2014). *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111:e2694.
- [12] Liebman KA, Stoddard ST, Reiner RC, Perkins TA, Astete H, Sihuinchu M, Halsey ES, Kochel TJ, Morrison AC, Scott TW. (2014). Determinants of Heterogeneous Blood Feeding Patterns by *Aedes aegypti* in Iquitos Peru. *Plos Neglect Trop Dis*. 8:e2702.
- [13] Barmak DH, Dorso CO, Otero M, Solari HG. (2011). Dengue epidemics and human mobility *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys* 2011, 84(1 Pt 1):011901.
- [14] Runge-Ranzinger S, McCall PJ, Kroeger A, Horstick O. (2014). Dengue disease surveillance: an updated systematic literature review. *Trop Med Int Health*. 19:1116–1160.
- [15] Fan, J., Lin, H., Wang, C., Bai, L., Yang, S., Chu, C., Liu, Q. (2014). Identifying the high-risk areas and associated meteorological factors of dengue transmission in Guangdong Province, China from 2005 to 2011. *Epidemiology and Infection*, 142(3), 634–43. doi:10.1017/S0950268813001519.
- [16] Lover, A. A., Buchy, P., Rachline, A., Moniboth, D., Huy, R., Meng, C. Y., Brett, J. L. (2014). Spatial epidemiology and climatic predictors of paediatric dengue infections captured via sentinel site surveillance, Phnom Penh Cambodia 2011 – 2012. *BMC Public Health*, 1471-2458, 1–8.
- [17] Sang, S., Yin, W., Bi, P., Zhang, H., Wang, C., Liu, X., Liu, Q. (2014). Predicting local dengue transmission in Guangzhou, China, through the influence of imported cases, mosquito density and climate variability. *PLoS One*, 9(7), e102755. doi:10.1371/journal.pone.0102755
- [18] Wilder-Smith A, Gubler DJ. (2008). Geographic expansion of dengue: the impact of international travel. *Med Clin North Am*. 92:1377–1390.
- [19] Hii YL, Zhu H, Ng N, Ng LC, Rocklov J. (2012). Forecast of Dengue Incidence Using Temperature and Rainfall. *Plos Neglect Trop Dis* 2012, 6:e1908.
- [20] Nevai AL. (2013). Soewono E: A model for the spatial transmission of dengue with daily movement between villages and a city. *Math Med Biol* 2013, 30:dqt002.
- [21] Barrera R, Amador M, Clark GG. (2006). Use of the pupal survey technique for measuring *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) productivity in Puerto Rico. *Am J Trop Med Hyg* 2006, 74:290–302.
- [22] Runge-Ranzinger S, Horstick O, Marx M, Kroeger A. (2008). What does dengue disease surveillance contribute to predicting and detecting outbreaks and describing trends? *Trop Med Int Health*. 13:1022–1041.
- [23] Jancloes M, Thomson M, Costa MM, Hewitt C, Corvalan C, Dinku T, Lowe R, Hayden M. (2014). Climate Services to Improve Public Health. *Int J Environ Res Public Health*, 11:4555–4559.
- [24] Raghwanji J, Rambaut A, Holmes EC, Hang VT, Hien TT, Farrar J, Wills B, Lennon NJ, Birren BW, Henn MR, Simmons CP. (2011). Endemic dengue associated with the co-circulation of multiple viral lineages and localized density-dependent transmission. *PLoS Pathog* 2011, 7:e1002064.
- [25] Pei-Chih Wu, How-Ran Guo, Shih-Chun Lung, Chuan-Yao Lin, and Huey-Jen Su. (2007). "Weather as an effective predictor for occurrence of dengue fever in Taiwan," in *Acta Tropica*, 103, pp. 50-57.
- [26] S. Promprou, M. Jaroensutasinee and K. Jaroensutasinee. (2006). Forecasting Dengue Haemorrhagic Fever Cases in Southern Thailand using ARIMA Models. *Dengue Bulletin*, vol. 30, pp. 99-106.

- [27] S. Wongkoon, M. Pollar, M. Jaroensutasinee, and K. Jaroensutasinee. (2007). Predicting DHF Incidence in Northern Thailand using Time Series Analysis Technique. *International Journal of Biological and Medical Sciences*, vol.1 Number 3, October 15, pp. 117-1121.
- [28] Seera, M., & Lim, C. P. (2014). A hybrid intelligent system for medical data classification. *Expert Systems with Applications*, 41(5), 2239–2249. doi:10.1016/j.eswa.2013.09.022
- [29] Road, P. (2008). Automatic Prediction System of Dengue Haemorrhagic-Fever Outbreak Risk by Using Entropy and Artificial Neural Network, (Iscit), 210–214.
- [30] Rogers, D. J., Suk, J. E., & Semenza, J. C. (2014). Using global maps to predict the risk of dengue in Europe. *Acta Tropica*, 129, 1–14. doi:10.1016/j.actatropica.2013.08.008
- [31] Pfeiffer, D.U., Robinson, T.P., Stevenson, M., Stevens, K.B., Rogers, D.J., Clements, A.C.A. (2008). *Spatial Analysis in Epidemiology*. Oxford University Press, Oxford.
- [32] Y. Wu, G. Lee, X. Fu, and T. Hung. (2008). Detect Climatic Factors Contributing to Dengue Outbreak based on Wavelet Support Vector Machines and Genetic Algorithm. Proc. World Congress on Engineering, pp. 1947-1949.
- [33] Bakar, A. A., Kefli, Z., Abdullah, S., & Sahani, M. (2011). Predictive Models for Dengue Outbreak Using Multiple Rulebase Classifiers. *2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics 17-19 July 2011, Bandung, Indonesia*.
- [34] Thabtah, F. (2007). A review of Associative Classification Mining. *The Knowledge Engineering Review*, vol. 22.1, pp. 37-65.
- [35] Husin, N.A. (2008). “Back propagation neural network and non-linear regression models for dengue outbreak,” M. Sc. Thesis. Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia.
- [36] Gharbi, M., Quenel, P., Gustave, J., Cassadou, S., Ruche, G. La, Girdary, L., & Marrama, L. (2011). Time series analysis of dengue incidence in Guadeloupe, French West Indies: forecasting models using climate variables as predictors. *BMC Infectious Diseases*, 11, 166. doi:10.1186/1471-2334-11-166.
- [37] Stewart-ibarra, A. M., Muñoz, Á. G., Ryan, S. J., Ayala, E. B., & Borbor-cordova, M. J. (2014). Spatiotemporal clustering , climate periodicity , and social-ecological risk factors for dengue during an outbreak in Machala , Ecuador , in 2010, 1–16. doi:10.1186/s12879-014-0610-4.
- [38] Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, Drake JM, Brownstein JS, Hoen AG, Sankoh O, Myers MF, George DB, Jaenisch T, Wint GRW, Simmons CP, Scott TW, Farrar JJ, Hay SI. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature* 2013, 496:504–507.
- [39] Devi, B. R., Rao, K. N., Setty, S. P., & Rao, M. N. (2013). Disaster Prediction System Using IBM SPSS Data Mining Tool. 4(August), 3352–3357.
- [40] Delmelle, E. M., Zhu, H., Tang, W., & Casas, I. A web-based geospatial toolkit for the monitoring of dengue fever. (2014). *Applied Geography*, 52, 144–152. doi:10.1016/j.apgeog.2014.05.007