

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, dijelaskan tentang tinjauan pustaka dan dasar teori yang diperlukan untuk menunjang penelitian ini.

2.1 Minyak

Minyak bumi adalah cairan kental coklat kehitaman yang tersusun oleh beberapa senyawa hidrokarbon yang tersusun secara kompleks. Seperti yang diketahui bahwasanya minyak maupun gas bumi merupakan salah satu energi yang paling dibutuhkan dalam berbagai bidang sesuai kebutuhannya masing-masing, salah satu penggunaannya, yaitu terhadap industri, transportasi, serta di berbagai bidang kegiatan rumah tangga. Ada yang menyatakan bahwa, konversi dari energi cahaya dapat sama halnya, seperti pembakaran bahan bakar minyak (BBM) dan juga hasil dari beberapa bahan bakar fosil yang lain. Materi sedimen organik dan minyak mentah mengandung berbagai senyawa (*biomarker*) untuk menentukan jenis senyawa yang terdapat pada organisme tertentu.

Menurut teori biogenesis, teori anorganik dan teori *duplex* bahwasanya jasad renik dari beberapa makhluk hidup yang bersumber baik dari tumbuhan, hewan maupun manusia yang merupakan bahan pembentuk minyak bumi. Kumpulan jasad dari makhluk hidup akan dibawa oleh air sungai bersama dengan lumpur yang akan berkumpul di dasar laut. Waktu yang dibutuhkan pada peristiwa tersebut sangat lama bahkan mencapai ribuan tahun. Selain itu, juga dipengaruhi oleh suhu dan tekanan sampai akhirnya jasad dari makhluk hidup tersebut atau renik, menjadi bintik-bintik dan gelembung-gelembung gas dan minyak.

Teori anorganik mengatakan bahwa minyak bumi terbentuk akibat aktivitas bakteri terhadap senyawa atau unsur yang terkubur akibat aktivitas bakteri, seperti oksigen, belerang, dan nitrogen yang berubah menjadi zat hidrokarbon dalam kandungan minyak bumi. Menurut teori *duplex*, minyak bumi atau gas alam terbentuk dari gabungan teori organik dan anorganik, di mana terdiri dari berbagai jenis organisme makhluk hidup, baik hewan dan tumbuhan di laut, yang kemudian

menjadi tumpukan sedimen atau batuan lunak yang dikenal dengan batu induk. Batuan induk terbentuk oleh pengaruh waktu, temperatur dan tekanan. Bintik-bintik dan gelembung-gelembung minyak dan gas bergerak menuju tempat yang bertekanan rendah, kemudian terkumpul pada daerah perangkap (*trap*). Di daerah tersebut gas alam, air dan minyak terkumpul menjadi endapan minyak bumi.

Pada proses pengolahan minyak mentah atau minyak bumi di mana akan berakibat terjadinya kerusakan atau pencemaran lingkungan. Hal ini disebabkan oleh energi dan bahan baku yang digunakan dalam pengolahan baik melalui proses fisika dan kimia di mana dapat menghasilkan gas karbon monoksida (CO), gas karbon dioksida (CO₂), uap air dan gas belerang (S). Oleh sebab itu, proses pengolahan minyak akan menghasilkan dampak pada lingkungan di antaranya tanah, air dan udara yang disebabkan oleh limbah dan polusi. Limbah yang dihasilkan dari pengolahan ini berupa limbah padat, cair maupun gas, yang mana mempunyai dampak pada lingkungan (Jurdilla, 2019).

Tumpahan minyak mentah di laut mengakibatkan dampak jangka pendek dan panjang. Dampak jangka pendek, yaitu rusaknya membran sel biota laut yang menyebabkan molekul hidrokarbon ke dalam sel biota laut. Hal tersebut dikarenakan komponen minyak mentah tidak dapat larut di dalam air sehingga minyak mentah mengapung dan mengakibatkan permukaan air berwarna hitam. Lapisan minyak mentah yang berada di permukaan air menghalangi pertukaran gas dari atmosfer dan mengurangi kelarutan oksigen di air sehingga mengganggu proses respirasi dan fotosintesis pada fitoplankton yang merupakan produsen makanan di laut. Rantai makanan yang saling bergantung dengan fitoplankton di laut memberikan dampak negatif pada ekosistem laut. Oleh karena itu, tindakan penanggulangan kasus tumpahan minyak mentah perlu dilakukan (Fakhrudin, 2004).

2.2 Cellular Automata

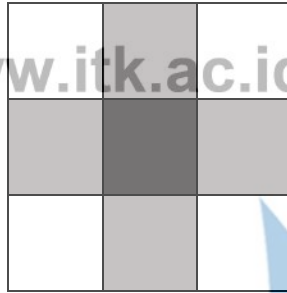
Cellular Automata (CA) adalah suatu model dari sistem fisik di mana ruang dan waktu adalah diskrit dan interaksi yang terjadi bersifat lokal. Di samping kesederhanaan strukturnya, *Cellular Automata* juga dapat digunakan untuk memperlihatkan kejadian kompleks yang dinamis dan dapat menerapkan berbagai

www.itk.ac.id

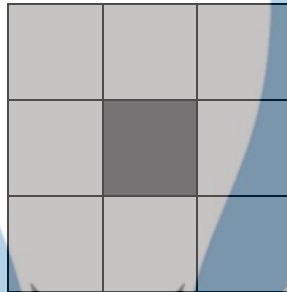
macam proses dan sistem fisik. *Cellular Automata* terdiri dari satu, dua atau n-dimensi *array* yang terdiri dari sel-sel yang sama dan tetap. Biasanya *Cellular Automata* satu atau dua dimensi digunakan karena kesulitan dalam memvisualisasikan model dengan dimensi yang lebih tinggi. Sel-sel tersebut merupakan representasi dari sistem fisik dan masing-masing sel memiliki nilai (Suwarno & Hutahaean, 2005).

Unsur pembentukan *Cellular Automata* terdiri dari (Sulistiyanto & Pulungan, 2014):

- a) Geometri, yaitu bentuk sel serta bentuk sistem yang disusun oleh sel-sel tersebut. Geometri *Cellular Automata* terdiri atas dimensi *Cellular Automata* tersebut (1 dimensi, 2 dimensi, dan seterusnya) serta bentuk geometri dari masing-masing sel penyusunnya.
- b) *State set* adalah himpunan keadaan atau status yang dapat dimiliki oleh masing-masing sel *Cellular Automata* tersebut. Status ini dapat berupa angka atau sifat tertentu. Misalnya bila masing-masing sel mempresentasikan laut, maka *state set* dapat menunjukkan massa minyak pada masing-masing lokasi. *State set* haruslah berhingga (*finite*, terbatas) dan terhitung (*countable*, diskrit).
- c) *Neighbourhood* atau ketetanggaan ialah sel-sel yang dapat mempengaruhi status suatu sel pada *Cellular Automata*. Umumnya *neighbourhood* suatu sel hanya meliputi sel-sel yang berada di sekitarnya. Berdasarkan strukturnya ada beberapa jenis *neighbourhood* yang telah dikenal secara umum, antara lain geometri dua dimensi, yaitu Von Neuman *neighbourhood*, Moore *neighbourhood*, dan Margolus *neighbourhood*.
- d) Fungsi transisi adalah aturan yang menentukan bagaimana status suatu sel berubah berdasarkan status sekarang dan status ketetanggaannya.
- e) Status awal sel adalah status yang dimiliki oleh masing-masing sel pada saat sistem mulai berjalan.



Gambar 2. 1 Von Neumann *Neighbourhood* (Weiner, 2000)



Gambar 2. 2 Moore *Neighbourhood* (Weiner, 2000)



Gambar 2. 3 Margolus *Neighbourhood* (Wainer, 2010)

State dari sel pada *time step* $(t + 1)$ dihitung berdasarkan fungsi F . Fungsi F adalah fungsi dari *state* sel dan *state* dari tetangga-tetangganya pada *time step* (t) . Sebagai contoh, misalkan sebuah *Cellular Automata* dua dimensi seperti pada Gambar 2.4.

$(i - 1, j + 1)$	$(i, j + 1)$	$(i + 1, j + 1)$
$(i - 1, j)$	(i, j)	$(i + 1, j)$
$(i - 1, j - 1)$	$(i, j - 1)$	$(i + 1, j - 1)$

Gambar 2. 4 *Cellular Automata* 2 Dimensi

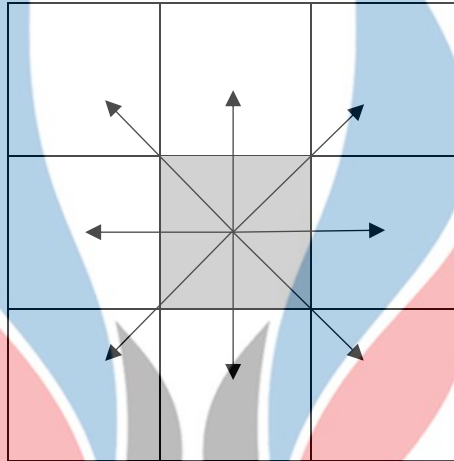
Pada contoh ini sel (i, j) terdiri dari delapan sel tetangga yang berdekatan. *Cellular Automata Local Rule* yang akan digunakan untuk menghitung sel (i, j) pada *time step* $(t + 1)$ merupakan fungsi dari keadaan sel (i, j) itu sendiri dan keadaan sel-sel pada *time step* t . Jadi,

$$C_{i,j}^{t+1} = F(C_{i-1,j-1}^t, C_{i-1,j}^t, C_{i-1,j+1}^t, C_{i,j-1}^t, C_{i,j}^t, \dots, C_{i+1,j+1}^t),$$

$C_{i,j}^t$ dan $C_{i,j}^{t+1}$ adalah keadaan sel (i, j) pada *time step* $t + 1$ (Suwarno & Hutahaean, 2005).

www.itk.ac.id

Model *Cellular Automata* yang dikembangkan oleh Alexandris dkk (2008) menggunakan *grid* persegi dengan kemungkinan penyebaran minyak ke delapan sel tetangga terdekat.



Gambar 2. 5 Arah Penyebaran Tumpahan Minyak

Setiap sel ditandai oleh 3 kemungkinan kondisi diskrit di mana terdapat daratan, laut yang tercemar dan tidak tercemar oleh tumpahan minyak.

2.3 Model Tumpahan Minyak Menggunakan *Cellular Automata*

Pada permukaan air, penyebaran tumpahan minyak dipengaruhi oleh massa minyak, tekanan permukaan air, inersia, dan lainnya. Angin dan gelombang air dapat membuat tumpahan minyak memiliki pergerakan horizontal. Massa tumpahan minyak dapat berkurang akibat interaksi dengan udara dan penguapan, bergantung dengan jenis tumpahannya. Pada saat tumpahan minyak mengarah ke pantai, deposisi garis pantai juga akan terjadi (Shyue, 2007).

2.3.1 Penyebaran tanpa Angin dan Gelombang

Area dari tumpahan minyak berubah akibat ketidakseimbangan antara gaya dalam dan gaya luar terhadap tumpahan minyak tersebut. Tanpa adanya angin dan gelombang, sel yang memiliki massa minyak lebih besar akan mengalir menuju ke sel yang memiliki massa minyak lebih rendah. Penyebaran tanpa angin dan

www.itk.ac.id

gelombang dengan menggunakan *Cellular Automata* dapat dideskripsikan pada gambar berikut:

$M_{i-1,j+1}^t$	$M_{i,j+1}^t$	$M_{i+1,j+1}^t$
$M_{i-1,j}^t$	$M_{i,j}^t$	$M_{i+1,j}^t$
$M_{i-1,j-1}^t$	$M_{i,j-1}^t$	$M_{i+1,j-1}^t$

Gambar 2. 6 Sel (i, j) dan Ketetanggaannya

Massa minyak pada sel (i, j) dengan pengaruh ketetanggaannya dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$M_{i,j}^{t+1} = M_{i,j}^t + m \left((M_{i-1,j}^t - M_{i,j}^t) + (M_{i+1,j}^t - M_{i,j}^t) + (M_{i,j-1}^t - M_{i,j}^t) + (M_{i,j+1}^t - M_{i,j}^t) \right) + m \left(d(M_{i-1,j-1}^t - M_{i,j}^t) + d(M_{i+1,j-1}^t - M_{i,j}^t) + d(M_{i+1,j+1}^t - M_{i,j}^t) + d(M_{i-1,j+1}^t - M_{i,j}^t) \right),$$

$$M_{i,j}^{t+1} = M_{i,j}^t + m(M_{i-1,j}^t + M_{i+1,j}^t + M_{i,j-1}^t + M_{i,j+1}^t - 4M_{i,j}^t) + m \left(d(M_{i-1,j-1}^t + M_{i+1,j-1}^t + M_{i+1,j+1}^t + M_{i-1,j+1}^t - 4M_{i,j}^t) \right), \quad (2.1)$$

di mana $M_{i,j}^t$ adalah massa minyak pada sel (i, j) , m adalah konstanta penyebaran minyak antar sel, dan d adalah konstanta penyebaran diagonal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Karafyllidis (1997), bentuk penyebaran tumpahan minyak tanpa angin dan gelombang adalah lingkaran, dengan d bernilai 0.18 m/s dan m bernilai 0.098 m/s .

2.3.2 Penguapan

Penguapan akan terjadi tepat setelah minyak tumpah. Tingkat penguapan minyak bergantung dengan persentase bahan mudah menguap pada tumpahan minyak dan suhu lingkungan. Pada model tumpahan minyak dengan *Cellular Automata*, penguapan diformulasikan sebagai

$$E = -pt_m T^t,$$

di mana p konstanta tingkat penguapan, t_m adalah lama *time step* dalam satuan waktu, dan T^t adalah temperatur pada saat t dalam satuan Kelvin (Shyue,2007).

2.3.3 Penyebaran dengan Pengaruh Angin dan Gelombang

Arus air dan angin dapat menyebabkan tumpahan minyak bergerak horizontal. Jika tidak ada arus air dan angin, serta massa minyak pada sel $(i - 1, j)$ lebih besar daripada sel (i, j) , maka tumpahan minyak akan bergerak dari barat ke timur. Penyebaran dengan arah angin maupun arus air dari sel barat dapat ditulis sebagai

$$M_{i,j}^{t+1} = M_{i,j}^t + m \left((1 + W_{i,j}^t)M_{i-1,j}^t - (1 - W_{i,j}^t)M_{i,j}^t \right), \quad (2.2)$$

di mana $W_{i,j}^t$ adalah faktor korelasi arah angin maupun arus air pada sel (i, j) pada waktu t . Jika terdapat arah angin dan arus air dari sebelah barat, maka $W_{i,j}^t$ ditulis sebagai

$$W_{i,j}^t = WW_{i,j}^t + WC_{i,j}^t, \quad (2.3)$$

dengan

$$WW_{i,j}^t = R_w \left(\frac{WVW_{i,j}^t + WVW_{i-1,j}^t}{2WV_{max}} \right),$$

dan

$$WC_{i,j}^t = \left(\frac{CVW_{i,j}^t + CVW_{i-1,j}^t}{2CV_{max}} \right).$$

Fungsi R_w adalah konstanta yang berubah dari kecepatan angin menjadi kecepatan arus yang digerakkan oleh angin dan nilainya berkisar antara 0.03 dan 0.16. $WW_{i,j}^t$ adalah faktor arus yang digerakkan angin dari sel barat ke sel (i, j) pada waktu t , $WVW_{i-1,j}^t$ kecepatan angin yang diproyeksikan pada komponen barat pada sel $(i - 1, j)$ pada waktu t , WV_{max} adalah kecepatan angin maksimum yang diamati. $WC_{i,j}^t$ merupakan faktor koreksi arus air dari sel barat ke sel (i, j) pada waktu t , $CVW_{i-1,j}^t$ kecepatan arus air yang diproyeksikan pada komponen barat dalam sel $(i - 1, j)$ pada waktu t , CV_{max} adalah kecepatan arus air maksimum yang diamati (Shyue, 2007).

2.4 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Echigini Joseph Boi-Ukeme Ngozi, & Wainer Gabriel (2018)	Metode: Model <i>Cell-DEVS</i> diimplementasikan menggunakan mesin simulasi CD++ Hasil: Agar massa minyak tertentu tumpah di permukaan air. Konservasi massal dan aturan perpindahan minyak termasuk pengaruh angin dan hambatan di jalur tumpahan. Pergerakan tumpahan minyak dipelajari untuk berbagai skenario untuk menangkap area seluas 100 km^2 dan 3 lapisan air dengan jarak 10 m.
2	Malecki Krzysztof, Jankowski Jaroslaw, & Szkwarkowski Mateusz (2019)	Metode: <i>Cellular Automata</i> Hasil: Hasilnya menunjukkan bagaimana jumlah baris mempengaruhi kinerja dalam hal cakupan dalam ruang perkotaan dan perbedaan antara model yang diusulkan. Sedangkan penelitian berdasarkan kumpulan data contoh yang diambil dari Szczecin (Polandia), kerangka kerja yang disajikan dapat digunakan bersama dengan data dari sistem transportasi umum untuk pemodelan penggunaan sumber daya iklan dan cakupan dalam ruang kota.
3	Rosidah Eva (2020)	Metode: <i>Cellular Automata</i> (CA) dan beda hingga Hasil: simulasi kebakaran pada metode CA tanpa pengaruh vegetasi dan angin berjalan sebanyak 54 dengan area yang terbakar sebanyak 99.65% dari total sel. Untuk simulasi metode CA dengan pengaruh vegetasi dan angin pada kecepatan 2 m/s sebanyak 51 langkah waktu dengan area yang terbakar sebanyak 88.33% dari total sel telah habis terbakar. Untuk simulasi Metode CA dengan pengaruh vegetasi dan angin pada kecepatan 5 m/s sebanyak 58 langkah waktu dengan luas area terbakar sebesar 83.18% dari total sel telah habis terbakar.