# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian ini peneliti telah melakukan studi literatur terhadap beberapa jurnal penelitian terbaru sebelumnya. Jurnal tersebut dipilih berdasarkan topik yang sesuai dan berkaitan dengan tema penelitian yang diteliti yaitu mengenai Analisis Anomali Suhu Kecerahan dan Klasifikasi Status di Area Kawah Gunung Merapi Sebagai Mitigasi Bencana Alam Dengan Memanfaatkan Data Citra Satelit dan Model *Convolutional Neural Network*. Berikut ini penjelasan lebih lanjutnya.

Penelitian pertama berjudul *Spatio-Temporal Anomalies in Surface Brightness Temperature Preceding Volcano Eruptions Detected by the Landsat-8 Thermal Infrared Sensor (Case Study : Karangetang Volcano),* pada penelitian ini menggunakan metode *Spatio-Temporal Anomalies in Surface Brightness Temperature Using* Landsat-8 TIRS. Yang hasilnya menunjukkan bahwa pada kasus Gunungapi Karangetang erupsi 2018-2019 terdapat peningkatan suhu kecerahan pada permukaan wilayah kawah. Metode ini juga berguna untuk menentukan kawah mana yang menjadi pusat letusan [12] .

Penelitian kedua, tentang *Early Analysis of Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Imagery of Volcanic Activity* oleh Matthew Blackett, yang menunjukkan hasil jika sensor TIRS memperlihatkan banyak potensi untuk memberikan pengamatan vulkanik yang dapat berguna, terperinci, dan juga akurat di masa depan. Nilai ini ditunjukkan pada urutan magnitudo yang sama dengan pengamatan termal Spektroradiometer Pencitraan Resolusi Sedang oleh *NASA Earth Observing System* (EOS) di waktu yang sama [20].

Penelitian ketiga, yaitu Korelasi Peningkatan Temperatur Permukaan Tanah dan Aktivitas Seismik di Gunung Anak Krakatau pada tahun 2018, yang melakukan perbandingan data sekunder Landsat 8 dengan pemantauan *seismic* terhadap peningkatan aktivitas dan kenaikan temperature permukaan tanah (LST).

Hasilnya menyatakan jika temperatur permukaan tanah (LST) dapat digunakan sebagai salah satu cara pemantauan gunungapi yang dikombinasikan dengan pemantauan seismik agar mendapat gambaran yang lebih jelas dari suatu aktivitas vulkanik. Peneliti menambahkan jika monitoring temperatur permukaan tanah berbasis satelit pada suatu area gunungapi cocok dilakukan di Indonesia, karena *cost* nya kecil dan mempertimbangkan resiko kondisi gunung api yang berbahaya untuk didekati atau pada daerah yang sulit diakses [15].

Pada penelitian keempat, berjudul *Thermal Activity Monitoring of an Active Volcano Using Landsat 8/OLI-TIRS Sensor Images: A Case Study at the Aso Volcanic Area in Southwest Japan*. Dihasilkan data temuan aktivitas termal yang lebih tinggi selama periode studi, dengan total kehilangan panas radiasi di atas 500 MW (MW = *Radiative Heat Loss Unit*) (lebih tinggi sekitar 726 MW pada 2013 dan akhirnya turun menjadi 588 MW pada 2016). Total laju pelepasan panas menunjukkan nilai tertinggi sekitar 4714 MW pada tahun 2013 dan nilai terendah sekitar 3819 MW pada tahun 2016. Ini menunjukkan aktivitas termal yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya di daerah yang sama. Total RHL (*Radiative Heat Loss*) diperoleh nilai tertinggi pada tahun 2013 sekitar 726 MW dan terendah sekitar 588 MW pada tahun 2016. *Pixel RHF* (*Radiative Heat Flux*) tertinggi diperoleh sekitar 290 W/m2 pada tahun 2013 dan nilai RHF tertinggi yang lebih rendah adalah sekitar 141 W/m2 pada tahun 2014. Setelah 2014, RHF piksel meningkat secara bertahap menjadi 178 W/m2 dan 222 W/m2, berturut-turut pada tahun 2015 dan 2016. Disimpulkan jika studi berkelanjutan dengan menggunakan citra sensor Landsat 8 merupakan teknik yang efisien dan efektif untuk eksplorasi dan memantau aktivitas gunung berapi aktif, serta dapat menilai sumber daya panas bumi pada tahap awal [8].

Penelitian kelima, mengenai *Combination of Well-Logging Temperature and Thermal Remote Sensing for Characterization of Geothermal Resources in Hokkaido, Northern Japan*. Dengan hasilnya, yaitu kombinasi antara TIR (*Thermal Infrared Remote sensing*) dan 3D dari *subsurface temperature* (SST) dan *Land Surface Temperature* (LST) yang merupakan pendekatan yang efisien dan menjanjikan untuk eksplorasi sumber daya panas bumi [21].

Penelitian keenam ini membicarakan tentang *Surface temperature changes*

*of the crater of Agung Volcano from Landsat-8 TIRS during 2017-2018 eruption* dengan Landsat 8 TIRS metode yang digunakan untuk mendeteksi *Brightness temperature*. Hasilnya menunjukkan bahwa letusan yang terjadi pada 2017 – 2018 memperlihatkan adanya peningkatan suhu permukaan yang tinggi di wilayah kawah, dan disimpulkan bahwa satelit ini dapat digunakan sebagai prekursor erupsi [22].

Penelitian ketujuh berjudul *On-board Volcanic Eruption Detection through CNNs and Satellite Multispectral Imagery* [23] menggunakan *Deep Learning* CNN, Sentinel-2 dan Landsat-7. Pada penelitian ini berhasil membuat alur kerja tentang cara mengembangkan dan mengimplementasikan model *Artificial Intelligence* untuk nantinya digunakan pada perangkat penginderaan jauh, untuk menghasilkan peringatan langsung dari satelit yang secara drastic mengurangi waktu antara akuisisi gambar dan analisis, serta sepenuhnya menghapus waktu untuk *downlink* dan penyebab latensi lainnya [23].

Penelitian kedelapan ini membahas tentang *Classification of volcanic ash particles using a convolutional neural network and probability* yang menghasilkan bahwa CNN dapat mengenali bentuk dasar dengan akurasi lebih dari 90% [24].

Penelitian kesembilan ini berjudul *Convolutional Neural Networks* untuk Pengenalan Wajah Secara *Real-Time*. Metodenya menggunakan dataset himpunan gambar wajah yang dibagi menjadi dua jenis, yaitu himpunan gambar wajah *indoor* (minim cahaya) dan gambar wajah *outdoor* (cahaya terang). Hasilnya menunjukkan adanya kinerja pengenalan wajah dengan rata – rata akurasi lebih dari 89% (2 *frame*/detik) [25].

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

| No | Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Suwarsono, Djoko Triyono, Muhammad Rokhis Khomarudin, Rokhmatuloh | *Spatio-Temporal Anomalies in Surface Brightness Temperature Preceding Volcano Eruptions Detected by the Landsat-8 Thermal Infrared Sensor (Case Study :* | *Spatio-Temporal Anomalies in Surface Brightness Temperature Using Landsat-8 TIRS* | Hasilnya menunjukkan bahwa pada kasus Gunungapi Karangetang erupsi 2018-2019 adanya peningkatan suhu kecerahan pada permukaan wilayah |

| No | Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|---|---|---|---|---|
| | | *Karangetang Volcano)* | | kawah, sekaligus berguna untuk menentukan kawah mana yang menjadi pusat letusan. |
| 2 | Matthew Blackett | *Early Analysis of Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Imagery of Volcanic Activity* | *Early Analysis of Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Imagery* | Hasilnya menunjukkan jika TIRS memperlihatkan banyak potensi untuk memberikan pengamatan vulkanik yang dapat berguna, terperinci, dan akurat di masa depan. Nilai ini ditunjukkan pada urutan magnitudo yang sama dengan pengamatan termal Spektroradiometer Pencitraan Resolusi Sedang oleh *NASA Earth Obse* 12 *System* (EOS, ... waktu yang sama. |
| 3 | Cholisina Anik Perwita, Sukir Maryanto, Muhammad Ghufron, Mudo Prakoso, Stevany Abigail, dan Usna Zainun Nasrulloh Zamhar | Korelasi Peningkatan Temperatur Permukaan Tanah dan Aktivitas Seismik di Gunung Anak Krakatau pada tahun 2018 | Perbandingan data sekunder Landsat 8 dengan pemantauan *seismic* terhadap peningkatan aktivitas dan kenaikan temperature permukaan tanah (LST) | Hasilnya menunjukkan bahwa temperatur permukaan tanah (LST) dapat digunakan sebagai salah satu cara pemantauan gunung api dengan kombinasi pemantauan seismik agar mendapat gambaran yang lebih jelas dari aktivitas vulkanik. Selain itu, monitoring temperatur |

| No | Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|---|---|---|---|---|
| | | | | permukaan tanah berbasis satelit pada suatu area gunung api cocok dilakukan di Indonesia, karena *cost* nya kecil dan kondisi gunung api yang berbahaya untuk didekati atau pada daerah yang sulit diakses. |
| 4 | Md. Bodruddoza Mia, Yasuhiro Fujimitsu, *and* Jun Nishijima | *Thermal Activity Monitoring of an Active Volcano Using Landsat 8/OLI-TIRS Sensor Images: A Case Study at the Aso Volcanic Area in Southwest Japan* | Pengukuran emisivitas LST dan ambang NDVI Landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*)-TIRS (*Thermal Infared Sensor*) untuk pemantauan aktivitas termal gunung berapi aktif | Hasilnya data temuan aktivitas termal yang lebih tinggi selama periode studi, dengan total kehilangan panas radiasi di atas 500 MW (lebih tinggi sekitar 726 MW pada 2013 dan akhirnya turun menjadi 588 MW pada 2016). Total laju pelepasan panas menunjukkan nilai tertinggi sekitar 4714 MW pada tahun 2013 dan nilai terendah sekitar 3819 MW pada tahun 2016. Ini menunjukkan aktivitas termal yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya di daerah yang sama. Total RHL diperoleh nilai tertinggi pada tahun 2013 sekitar 726 MW dan terendah sekitar 588 MW |

| No | Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|---|---|---|---|---|
| | | | | pada tahun 2016. Pixel RHF tertinggi diperoleh sekitar 290 W/m2 pada tahun 2013 dan nilai RHF tertinggi yang lebih rendah adalah sekitar 141 W/m2 pada tahun 2014. Setelah 2014, RHF piksel meningkat secara bertahap menjadi 178 W/m2 dan 222 W/m2, berturut-turut pada tahun 2015 dan 2016. Disimpulkan jika studi berkelanjutan dengan menggunakan citra sensor Landsat 8 merupakan teknik yang efisien dan efektif untuk mengeksplorasi dan memantau aktivitas gunung berapi aktif, serta dapat menilai sumber daya panas bumi pada tahap awal. |
| 5 | Bingwei Tian, Ling Wang, Koki Kashiwaya, *and* Katsuaki Koike | *Combination of Well-Logging Temperature and Thermal Remote Sensing for Characterization of Geothermal Resources in Hokkaido, Northern Japan* | *Combination of Well-Logging Temperature and Thermal Remote Sensing* menggunakan Landsat 8 TIRS | Hasil menunjukkan jika kombinasi antara TIR dan 3D dari *subsurface temperature* (SST) dan *Land Surface Temperature* (LST) merupakan pendekatan yang efisien dan menjanjikan untuk eksplorasi sumber daya panas bumi. |

| No | Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|---|---|---|---|---|
| 6 | Suwarsono, D Triyono, MR Khomarudin, *and* Rokhmatuloh | *Surface temperature changes of the crater of Agung Volcano from Landsat-8 TIRS during 2017-2018 eruption* | *Brightness temperature from channel-10 of Landsat-8 TIRS* | Hasilnya menunjukkan bahwa letusan yang terjadi pada periode 2017 – 2018 memperlihatkan adanya peningkatan suhu permukaan yang tinggi di wilayah kawah, serta menyimpulkan bahwa data Landsat-8 TIRS dapat digunakan sebagai prekursor erupsi. |
| 7 | Maria Pia Del Rosso, Alessandro Sebastianelli, Dario Spiller, Pierre Philippe Mathieu, Silvia Liberata Ullo | *On-board Volcanic Eruption Detection through CNNs and Satellite Multispectral Imagery* | *Deep Learning,* Sentinel-2 dan Landsat-7 | Penelitian ini berhasil membuat alur kerja tentang cara mengembangkan dan mengimplementasikan model AI untuk nantinya digunakan pada perangkat penginderaan jauh, untuk menghasilkan peringatan langsung dari satelit yang secara drastic mengurangi waktu antara akuisisi gambar dan analisis, serta sepenuhnya menghapus waktu untuk *downlink* dan penyebab latensi lainnya. |
| 8 | Daigo Shoji, Rina Noguchi, Shizuka | *Classification of volcanic ash particles using a convolutional neural network and* | *CNN* (*Convolutional Neural Network*) | Hasil dari penelitian ini adalah CNN dapat mengenali bentuk dasar dengan |

| No | Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|---|---|---|---|---|
| | Otsuki, dan Hideitsu Hino | *probability* | | akurasi lebih dari 90%. |
| 9 | Muhammad Zufar dan Budi Setiyono | *Convolutional Neural Networks untuk Pengenalan Wajah Secara Real-Time* | *CNN* (*Convolutional Neural Network*) | Hasilnya menunjukkan adanya kinerja pengenalan wajah dengan rata – rata akurasi lebih dari 89% (2 *frame*/detik) |

Berdasarkan penelitian–penelitian sebelumnya yang dijadikan kajian pustaka oleh penulis, maka pada penelitian ini penulis melakukan analisis peningkatan suhu tanah area kawah gunung Merapi menggunakan parameter *Brighteness Temperature* untuk mendeteksi adanya *Surface Brightness Temperature Temporal Anomaly* dan *Surface Temperature Spacial Anomaly* sebagai mitigasi bencana alam dengan memanfaatkan data citra satelit Landsat 8 TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) dan model *Convolutional Neural Network* untuk deteksi otomatis data citra satelit sebagai prekursor erupsi.

## 2.2 Dasar Teori

Berikut adalah kajian mengenai beberapa teori yang digunakan pada penelitian ini :

### 2.2.1 Gunungapi

Gunungapi merupakan salah satu bentang lahan di permukaan bumi dengan karakteristik yang khas, terbentuk akibat dari adanya proses vulkanisme atau proses naiknya material magma dari dalam bumi menuju ke permukaan baik secara *eksplosif* maupun *efusif* [1]. Naiknya cairan magma ke permukaan bumi terjadi berkat peristiwa subduksi antar dua lempeng tektonik yang menyebabkan melelehnya material batuan pada kerak bumi, sehingga bergerak ke permukaan yang disebabkan massa jenis batuan relative lebih rendah (*undasi*). Secara geologi, Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng India-Australia, dan Lempeng Pasifik. Zona pertemuan antara dua lempeng tektonik termasuk kedalam jalur vulkanik aktif, meliputi gunungapi di pulau Sumatera, Jawa, dan Nusa Tenggara yang terbentuk

pada pertemuan antara Lempeng India–Australia yang menumbuk di bawah Lempeng Eurasia [1], [5].

Gunungapi aktif di Indonesia sendiri dibagi menjadi tiga tipe, diantaranya Gunung aktif Tipe A sejumlah 76 dengan sejarah letusan sejak tahun 1600; Gunung aktif Tipe B sejumlah 30 dengan sejarah letusan sebelum tahun 1600; dan Gunung aktif Tipe C sejumlah 21 yang tidak memiliki sejarah letusan, tetapi masih memperlihatkan jejak aktivitas vulkanik, seperti solfatara atau fumarole. Dari 127 gunungapi tersebut, tercatat hanya 69 gunungapi aktif yang dipantau oleh Pusat Volkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) [15].

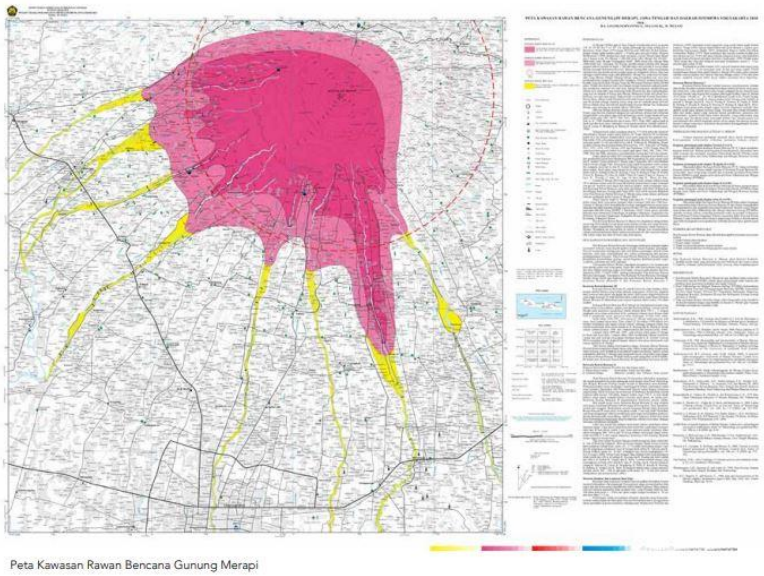
#### 2.2.1.1 Gunung Merapi

Gunung Merapi adalah salah satu gunungapi aktif Indonesia yang menunjukkan gejala vulkanisme paling aktif di dunia dan termasuk dalam tipe A atau *stratovolcano* yang terus diawasi oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) [1], [2], [6]. Gunung dengan ketinggian 2.968 mdpl (meter diatas permukaan laut) ini terletak pada 7°32’30’’ LS (Lintang Selatan) dan 110°26’30’’ BT (Bujur Timur), perbatasan antara Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dan Kabupaten Magelang, serta Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah [1], [3], [4]. Dengan karakteristiknya, yaitu berbentuk kerucut, memiliki komposisi magma basalitik andesit, mengandung 52–56 % silica ($SiO_2$), serta kawah yang berbentuk tapal kuda dimana bagian tengahnya tumbuh kubah lava [5]. Tipe ini memiliki ancaman bahaya primer dengan karakteristik letusan berupa awan panas yang terdiri dari gas, bongkahan baru, dan abu vulkanis dengan awal letusan berupa aliran lava dan runtuhan kubah lava, serta bahaya sekunder berupa banjir lahar dingin yang terjadi pada pasca erupsi [3]. Muntahan awan panas gunung Merapi dapat mengalir gravitasional menyusuri lembah sungai dengan kecepatan 60 – 100 km/jam, dengan jarak lucur berkisar antara 4 – 15 km [4], [5].

**Gambar 2.1 Gunung Merapi (lokasi ditunjukkan dengan penanda maps) koordinat Lat : 07°33'00" *South*, Long : 110°25'59" *East* yang berada di pulau Jawa**[32]

### 2.2.2 Mitigasi

Mitigasi merupakan sebuah rangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak dari bencana di suatu negara ataupun masyarakat [26]. Menurut Teodorescu, H. N., Kirschenbaum, A., Cojocaru, S., & Bruderlein, C., 2014, menyebutkan jika rangkaian upaya yang dilakukan meliputi perencanaan, pencegahan, prediksi, tanggap darurat, dan pemantuan untuk mengurangi dampak dari bencana. Mitigasi dilakukan untuk meminimalisir resiko bencana bagi masyarakat yang berada di kawasan rawan bencana, dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti penataan ruang, pengaturan pembangunan, pembangunan infrastruktur, penataan bangunan, penyelenggaraan pendidikan, penyuluhan, dan pelatihan. Yang jika sudah mencapai masa krisis harus segera mengambil tindakan pemberian peringatan dini, meningkatkan komunikasi, menyusun rencana tanggap darurat berupa pengambilan rencana tindakan dalam kondisi darurat dan memperkirakan akhir fasa kritis tersebut. Dalam mitigasi bencana letusan gunung Merapi, terdapat empat tingkatan peringatan dini, diantaranya : Aktif Normal, Waspada, Siaga, dan Awas. Sedangkan untuk penyebaran informasi dilakukan baik dalam keadaan normal maupun saat status meningkat menjadi siaga bertujuan untuk menyampaikan dan menjelaskan kondisi vulkanis terkini untuk menjaga kesiapan semua pihak dalam kesiapan menanggapi status aktivias gunung Merapi. Yang terakhir adalah Wajib Latih Penanggulangan Bersama (WLPB), yaitu program berkesinambungan yang dapat membentuk budaya siaga bencana pada masyarakat dengan tujuan untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat akan adanya potensi ancaman bencana, serta menciptakan dan meningkatkan kesadaran terhadap resiko bencana. Target WLPB adalah penduduk kawasan rawan bencana rentang usia 17–50 tahun [5].




**Gambar 2.2 Peta kawasan rawan bencana gunung Merapi** [4], [5]

### 2.2.3 Citra Satelit dalam Mitigasi Bencana Alam

Satelit penginderaan jauh merupakan sebuah teknologi yang digunakan untuk mengamati fenomena yang terjadi di bumi yang dilengkapi dengan instrumen yang berguna untuk mengukur energi elektromagnetik tanpa melakukan kontak fisik dengan objek yang diamati [26]. Berkaitan dengan manajemen bencana, satelit penginderaan jauh ini memungkinkan tersedianya informasi pada seluruh fase, seperti pada pengkajian, perencanaan, mitigasi, peringatan dini, pengukuran dampak, dan juga komunikasi darurat. Data geospasial sangat berguna dalam hal mitigasi bencana alam sekaligus menjadi produk akhir dari penginderaan jauh [26], [27]. Berbagai satelit dengan resolusi tinggi yang dimanfaatkan dalam mitigasi bencana, antara lain : *WorldView*, GeoEye, QuickBird, IKONOS, SPOT, Landsat, ALOS, Cartosat, dan satelit hujan [26].

#### 2.2.3.1 Landsat 8

Landsat 8 pertama kali diluncurkan sebagai bagian dari *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) pada 11 April 2013, atas kerjasama antara *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *US Geological Survey* (USGS) [13], [20]. Satelit ini dilengkapi dengan dua sensor untuk pengamatan bumi, yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) [20], [28], [29]. TIRS berguna untuk mengukur *surface brightness temperature* pada dua pita termal spectral

dengan resolusi spasial sepanjang 100 m [13]. Dimana sensor optik inframerah yang secara fundamental telah digunakan untuk melakukan pemantauan aktivitas gunung berapi global. Selain itu, dalam hal pengambilan gambar sensor Landsat yang diambil secara *push-broom* (*compared to a whisk broom*) [12], yang dapat mengurangi rasio *signal-to-noise,* dan memiliki rentang pita TIR dinamis lebih besar yang diambil kemudian digabungkan dengan gambar OLI untuk membentuk gambar terdaftar [12]–[14].

Proses pengolahan level data Landsat 8 TIRS band 10 ini meliputi kalibrasi *top-of-athmosphere* (TOA) metode ini mencakup konversi kalibrasi *Digital Numbers* (DNs) ke unit absolut dari pancaran sensor spektral dan pada sensor kecerahan suhu atau *brightness temperature* (BT). Data citra Landsat 8 TIRS dikonversi menjadi pancaran spectral *top-of-athmosphere* (TOA) menggunakan persamaan (3,3) [8], [12], [20], [30] [22]:

$$L_\lambda = M_L Q_{kal} + A_L \qquad (3,3)$$

$L_\lambda$adalah pancaran spektral TOA (Watt/ ($m_2$*srad*μm)); ML adalah faktor penskalaan *multiplikatif bandspecific*; SEBUAH-L adalah faktor penskalaan aditif khusus pita; dan $Q_{kal}$ adalah nilai piksel produk standar (DN) yang terkuantisasi dan terkalibrasi.

Setelah itu, citra Landsat 8 TIRS *band* 10 dikonversi menjadi TOA BT dan *band* 10 TOA BT tersebut diturunkan menggunakan persamaan (3,4) berikut [8], [12], [30], [22] :

$$T = \frac{k_2}{\ln\left(\frac{k_1}{L_\lambda}+1\right)} \qquad (3,4)$$

T adalah suhu kecerahan di-satelit (K); $L_\lambda$ adalah pancaran spektral TOA; dan $K_1$ dan $K_2$ adalah konstanta konversi *termal bandspecific*.

**Tabel 2.2 Karakteristik *band* Landsat 8 *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS)** [20]

| Instrument | Band | Spectral Range (μm) | Spatial Resolution (m) |
|---|---|---|---|
| OLI | 1 | 0.43–0.45 | 30 |
| | 2 | 0.45–0.51 | 30 |
| | 3 | 0 | 30 |
| | 4 | 0 | 30 |
| | 5 | 0.85–0.88 | 30 |
| | 6 | 1.57–1.65 | 30 |
| | 7 | 2.11–2.29 | 30 |
| | 8 | 0.50–0.68 | 15 |
| | 9 | 1.36–1.38 | 30 |
| TIRS | 10 | 10.60–11.19 | 100 |
| | 11 | 11.50–12.51 | 100 |

#### 2.2.3.2 *Brightness Temperature* (BT)

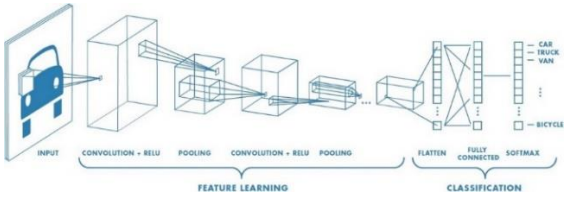
Parameter *Brightness Temperature* digunakan karena pada penelitian ini mengukur tingkat radiasi pada benda – benda yang memancarkan panas yang sangat tinggi, yaitu material hasil proses vulkanisme khususnya lava pijar yang suhunya dapat mencapai 1000ºC. Pada prinsipnya, suatu objek pada lokasi tertentu, variasi LST nya (*Land Surface Thermal*) dapat diwakili oleh parameter BT, hanya saja nilai LST ini dipengaruhi oleh besarnya radiasi yang dipancarkan oleh benda – benda yang diterima sensor, dipengaruhi oleh emisivitas benda permukaan (LSE), dan kondisi atmosfer (*Atmospheric Transmittances*) pada saat akuisisi. Oleh karena itu, analisis berfokus pada dinamika tren termal temporal dan bukan nilai absolut LST [20].

### 2.2.4 *Deep learning*

*Deep learning* merupakan sebuah metode yang memanfaatkan *artificial neural network* yang *multi layer*, memiliki kinerja seperti otak manusia dimana *neuron*nya saling terkoneksi dan membentuk jaringan yang sangat rumit. Beberapa algoritma yang termasuk dalam *deep learning*, diantaranya : *Convolutional Network* (CNN); *Restricted Boltzmann Machine* (RBM); *Deep Belief Networks* (DBN); dan *Stacked Autocoders* [18]. *Deep learning* merupakan bagian dari *machine learning* dikenal berkat kapabilitasnya yang signifikan dalam memodelkan berbagai data kompleks, diantaranya seperti citra dan suara [17], [18]. Metode yang memiliki hasil signifikan dalam hal pengenalan citra adalah CNN [17], [18].

### 2.2.5 *Convolutional Neural Network* (CNN)

*Convolutional Neural Network* (CNN) ini merupakan pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) untuk pengolahan data bentuk dua dimensi. Ini disebabkan karena MLP tidak menyimpan informasi spasial dari data citra dan menghasilkan hasil citra yang kurang baik yang disebabkan setiap piksel sebagai fitur independen. CNN termasuk kedalam jenis *Deep Neural Network* karena memiliki kedalaman jaringan yang tinggi, serta banyak diaplikasikan pada data citra [17], [18]. CNN juga memiliki hasil paling signifikan dalam identifikasi citra karena mampu meniru sistem pengenalan citra pada *visual cortex* manusia, sehingga memiliki kemampuan mengolah data citra [17], [18]. CNN juga terdiri dari *neutron* yang memiliki *weight, bias,* dan *activation function* [18].




**Gambar 2.3 *Convolutional Neural Network* (CNN)** [18]

### 2.2.6 Tensorflow

*Framework* yang ditulis dengan bahasa *python,* hasil pengembangan oleh Google. Tensorflow merupakan *machine learning* yang beroperasi pada sistem skala besar. Dengan keunggulannya dapat mendeteksi objek suatu *image* secara *real-time*, serta mampu mengakurasikan kecepatan dan memori pada sistem, sehingga developer dapat memodifikasinya. *Tensorflow Object Detection API* merupakan salah satu paket dari tenserflow yang biasa digunakan pada proses deteksi objek. Pada tensorflow juga menyimpan fitur yang berfungsi untuk menjalankan *training model* menggunakan *Central Processing Unit (CPU)* dan juga mentraining model dengan *Graphic Processing Unit (GPU)* [17], [18].

### 2.2.7 *Python*

Merupakan bahasa pemrograman yang mendukung multi paradigma pemrograman. Rilis pada 1991 oleh Guido Van Rossum (GvR), dibuat untuk menangani kesalahan dan mengutamakan sintaksis yang mudah dibaca dan dipahami. Dari jurnal *Developer Economic – State of Developer Nation* menuliskan bahwa pengguna *python* pada akhir 2018 sudah mencapai 60% yang terdiri dari developer dan data *scientist.* Tentu ini menunjukkan bahwa bahasa ini

banyak digunakan oleh *Data Science, Machine Learning,* dan *Internet of Things* (IoT). Python termasuk bahasa pemrograman interpretative multifungsi, serta yang dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar besar dan komprehensif, yaitu dapat diterapkan di berbagai platform [17], [18].

### 2.2.7 *Google Collaboratory*

Sebuah layanan *cloud* yang hampir sama dengan *Jupiter notebook*, hanya saja pada penggunaannya bertautan dengan *Google Drive. Google Collabratory* banyak digunakan oleh mahasiswa sarjana ataupun pasca sarjana secara gratis, sebagai bagian dari kolaborasi antara pendidikan dan penelitian. Memiliki keunggulan yang dimiliki *Jupiter Notebook* ditambah dengan kecanggihan dari *Google* karena dihosting pada platform *Google Cloud.* Banyak digunakan pada pembelajaran *machine learning*. *Coding environment* yang sering disebut dengan *Google Colab* ini dapat dibagikan kepada tim dalam pengerjaan proyek bersama [31].