

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sampah

Sampah adalah limbah yang bersifat padat yang terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (SNI 19- 2454-2002). Sampah adalah kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga yang tidak termasuk tinja dan sampah spesifik. Sampah sejenis sampah rumah tangga adalah sampah yang tidak berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas umum, fasilitas sosial, atau fasilitas lainnya (Peraturan Daerah Kota Medan No.4 tentang Pengelolaan Sampah, 2017).

Sedangkan menurut A. Tresna Sastrawijaya, (2019) sampah padat yang bertumpuk banyak tidak dapat diurai oleh mikroorganisme pengurai sehingga dalam waktu lama akan mencemari tanah. Sampah ialah bahan yang tidak dipakai lagi (*refuse*) karena telah diambil bagian utamanya dengan pengolahan. Pengertian sampah menurut SNI 13-1990-F tentang Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah Perkotaan didefinisikan sebagai limbah yang bersifat padat, terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Sampah yang merupakan hasil sampingan dari aktivitas manusia telah menimbulkan permasalahan yang sangat kompleks, antara lain (Tchobagnolous, 1993):

- a. Masalah estetika dan kenyamanan.
- b. Merupakan sarang atau tempat berkumpulnya berbagai binatang yang dapat menjadi vektor penyakit.
- c. Menyebabkan terjadinya polusi udara, air dan tanah.
- d. Menyebabkan terjadinya penyumbatan saluran-saluran air buangan

Meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan munculnya permasalahan sampah di perkotaan. Permasalahan sampah umumnya terjadi pada setiap kota di Indonesia, diantaranya adalah (Tchobanoglous, 1993) :

- a. Bertambah kompleksnya masalah persampahan sebagai konsekuensi logis dari pertambahan penduduk kota.
- b. Peningkatan kepadatan penduduk memerlukan peningkatan metode/pola pengelolaan sampah yang lebih baik.
- c. Keheterogenan tingkat sosial budaya penduduk kota.
- d. Situasi dana serta prioritas penanganan relatif rendah dari pemerintah daerah.
- e. Pergeseran teknik penanganan makanan.
- f. Keterbatasan sumber daya manusia untuk menangani masalah sampah.
- g. Pengembangan perancangan peralatan persampahan yang sangat lambat.
- h. Partisipasi masyarakat umumnya masih kurang terarah dan terorganisasi secara baik.
- i. Konsep pengelolaan persampahan yang kadangkala tidak cocok untuk diterapkan, serta kurang terbukanya kemungkinan modifikasi konsep tersebut di lapangan.

2.1.1 Sumber Sampah

Sumber sampah yang terbanyak dari pemukiman dan pasar tradisional. Sampah pasar khusus seperti pasar sayur mayur, pasar buah, atau pasar ikan, jenis relatif seragam, sebagian besar (95%) berupa sampah organik sehingga lebih mudah ditangani. Sampah yang berasal dari pemukiman umumnya sangat beragam, tetapi secara umum minimal 75% terdiri dari sampah organik sisanya anorganik. Tetapi pada dasarnya sumber sampah dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori sebagai berikut:

a. Pemukiman Penduduk

Jenis sampah yang dihasilkan dari pemukiman penduduk biasanya berupa makanan dan bahan-bahan sisa dari pengolahan makanan atau sampah basah (*garbage*), sampah kering (*rubbish*) abu dan sampah-sampah khusus.

b. Tempat-Tempat Umum dan Tempat Pedagangan

Jenis sampah yang dihasilkan dapat berupa sisa-sisa makanan (sampah basah), sampah kering, abu sisa-sisa bahan bangunan, sampah khusus dan kadangkala terdapat sampah bahaya.

c. Sarana Pelayanan Masyarakat Milik Pemerintah

Tempat ini biasanya menghasilkan sampah khusus (sampah jalanan, bintang mati, bekas kendaraan) dan sampah kering.

d. Industri Ringan Dan Berat

Sampah yang dihasilkan dari tempat ini biasanya berupa sampah basah, sampah khusus dan sampah berbahaya.

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, pengelolaan sampah adalah kegiatan sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Kemudian menurut direktorat PLP, Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum (2003), penanganan sampah adalah upaya yang meliputi kegiatan pemilihan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, pengelolaan, dan pemrosesan akhir sampah. Sedangkan menurut Hadiwiyoto (1983), pengelolaan sampah ialah usaha untuk mengatur atau mengelola sampah dari proses pengumpulan, pemisahan, pemindahan, pengangkutan, sampai pengelolaan dan pembuangan akhir. Sedangkan yang dimaksud dengan penanganan sampah ialah perlakuan terhadap sampah untuk memperkecil atau menghilangkan masalah-masalah yang ada kaitannya dengan lingkungan yang dapat berbentuk membuang sampah apa saja atau mengembalikan sampah menjadi bahan-bahan yang bermanfaat.

Syarat-syarat untuk lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) dari segi ambang batas dampak lingkungan (AMDAL) adalah:

- a. Jarak dari jalanan hitam (aspal) minimal 2 Km.
- b. Jarak dari rumah penduduk minimal 5 Km.
- c. Daerah sekitar lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) tidak terdapat tanaman industri dan tanaman produktif.
- d. Daerah sekitar lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) tidak terdapat air yang mengalir (sungai) dan air tanah.

2.1.2 Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah yang bisa ditampilkan dalam penanganan sampah adalah karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik tersebut sangat bervariasi, tergantung pada komponen sampah. Kekhasan sampah dari berbagai tempat/daerah serta jenis yang berbeda-beda memungkinkan sifat-sifat yang berbeda pula. Sampah kota di negara-negara yang sedang berkembang akan berbeda susunannya dengan sampah kota di negara-negara maju. Karakteristik sampah dapat dikelompokkan menurut sifat-sifat, seperti:

- a. Karakteristik fisika: yang paling penting adalah densitas, kadar air, kadar volatil, kadar abu, nilai kalor, distribusi ukuran.
- b. Karakteristik kimia: khususnya yang menggambarkan susunan kimia sampah tersebut yang terdiri dari unsur C, N, O, P, H, S, dsb.

2.1.3 Jenis Sampah

Sampah ada di sekeliling kita, bahkan tiap rumah tangga selalu menyumbang sampah untuk dibuang setiap harinya. Jenis sampah yang ada di sekitar kita cukup beraneka ragam, diantaranya.

- a. Sampah berdasarkan zat kimia yang terkandung didalamnya.
 1. Sampah organik adalah jenis sampah yang dapat dan mudah membusuk, contohnya adalah daun, sisa makanan, buah, sayuran dsb.
 2. Sampah anorganik adalah jenis sampah yang umumnya tidak dapat membusuk, contohnya adalah barang logam atau besi, kaca, plastik dsb.
- b. Sampah berdasarkan dapat dan tidaknya dibakar
 1. Sampah yang tidak dapat dibakar, contohnya adalah barang dari kaca, besi, seng dsb.
 2. Sampah yang mudah untuk dibakar, contohnya adalah barang yang terbuat dari kertas, kayu, karet, plastik, dari kain dsb.
- c. Sampah berdasarkan karakteristik sampah
 1. Garbage adalah jenis sampah hasil pengolahan makanan, mudah membusuk, biasanya berasal dari sampah rumah tangga, rumah makan dsb.
 2. Rubbish adalah jenis sampah hasil pembuangan perkantoran, contohnya kertas, kaca, plastik, dsb.
 3. Ashes atau debu adalah jenis sampah sisa hasil dari pembakaran.
 4. Sampah jalanan atau street sweeping adalah sampah dari hasil pembersihan jalan.
 5. Sampah industri adalah sampah yang berasal dari pabrik.
 6. Bangkai binatang atau dead animal adalah sampah binatang yang mati, misalnya di jalan tertabrak.
 7. Bangkai kendaraan adalah sampah kendaraan bermotor, misalnya mobil dan motor.
 8. Sampah pembangunan atau construction waste, adalah sampah bekas bangunan misalnya potongan besi, sepihan tembok, kayu, bambu dsb.

2.1.4 Rute Pengangkutan Sampah

Sampah perkotaan adalah sampah yang timbul di kota. Dalam menangani pengelolaan sampah perkotaan ini akan selalu mengacu pada SNI 19-2454-2002 mengenai Tata Cara Teknik Operasional Sampah Perkotaan. Persyaratan Teknik Pengelolaan Sampah Perkotaan :

- a. Teknik operasional pengelolaan sampah Teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan yang terdiri dari kegiatan pewadahan sampai dengan pembuangan akhir harus bersifat terpadu dengan melakukan pemilihan sejak dari sumbernya.
- b. Faktor-faktor yang mempengaruhi sistem pengelolaan sampah perkotaan:
 1. Kepadatan dan penyebaran penduduk.
 2. Karakteristik fisik lingkungan dan sosial ekonomi.
 3. Timbunan dan karakteristik sampah.
 4. Budaya sikap dan perilaku masyarakat.
 5. Jarak dari sumber sampah kepembuangan akhir sampah.
 6. Rencana tata ruang dan pengembangan kota.
 7. Sarana pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir sampah.
 8. Biaya yang tersedia.
 9. Peraturan daerah setempat.
- c. Daerah pelayanan Penentuan
 1. Melalui Penentuan skala kepentingan daerah pelayanan.
 2. Pengembangan daerah pelayanan dilakukan berdasarkan pengembangan tata ruang kota.
- d. Tingkat pelayanan

Hasil perencanaan daerah pelayanan berupa identifikasi masalah dan potensi yang tergambar dalam peta-peta sebagai berikut:

1. Peta kerawanan sampah minimal menggambarkan besaran timbunan sampah dan jumlah penduduk, kepadatan rumah/bangunan.
 2. Peta pemecahan masalah menggambarkan pola yang digunakan, kapasitas perencanaan (meliputi alat dan personil), jenis sarana dan prasarana, potensi pendapatan jasa pelayanan serta rute dan penugasan.
- e. Tingkat pelayanan

Tingkat pelayanan didasarkan jumlah penduduk yang terlayani dan luas daerah yang terlayani dan jumlah sampah yang terangkut ke TPA.

1. Frekuensi pelayanan

Berdasarkan hasil penentuan skala kepentingan daerah pelayanan, frekuensi pelayanan dapat dibagi dalam beberapa kondisi sebagai berikut:

- a) Pelayanan intensif antara lain untuk jalan protokol, pusat kota, dan daerah komersial.
- b) Pelayanan menengah antara lain untuk kawasan permukiman teratur.
- c) Pelayanan rendah antara lain untuk daerah pinggiran kota.

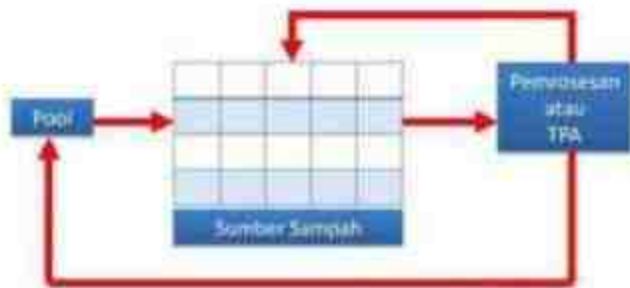
2. Faktor penentu kualitas operasional pelayanan Tipe kota

- a) Sampah terangkut dari lingkungan
- b) Frekuensi pelayanan
- c) Jenis dan jumlah peralatan
- d) Peran aktif masyarakat
- e) Retribusi
- f) Timbunan sampah

2.1.5 Operasional Pengumpulan Sampah

Untuk mendapatkan sistem pengangkutan yang efisien dan efektif maka operasional pengangkutan sampah sebaiknya mengikuti prosedur sebagai berikut:

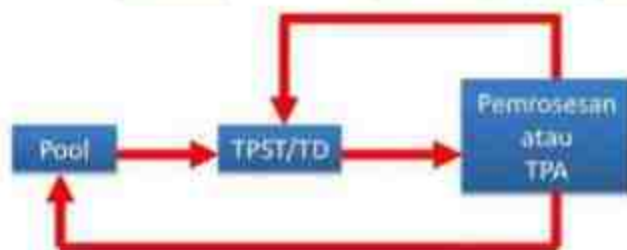
- a. Menggunakan rute pengangkutan yang sependek mungkin dan dengan hambatan yang sekecil mungkin.
- b. Menggunakan kendaraan angkut dengan kapasitas/daya angkut yang semaksimal mungkin.
- c. Menggunakan kendaraan angkut yang hemat bahan bakar.
- d. kendaraan keluar dari pool dan langsung menuju ke jalur pengumpulan sampah.
- e. Truk sampah berhenti di pinggir jalan di setiap rumah yang akan dilayani, dan pekerja mengambil sampah serta mengisi bak truk sampah sampai penuh.



Gambar 2.1 Skema Pola Pengangkutan Sampah Secara Langsung (*Door To Door*)

Setelah terisi penuh truk langsung menuju ke tempat pemrosesan atau ke TPA. Dari lokasi pemrosesan tersebut, kendaraan kembali ke jalur pelayanan berikutnya sampai shift terakhir, kemudian kembali ke pool. Untuk sistem pengumpulan secara tidak langsung, yaitu dengan menggunakan Transfer Depo/ TD), maka pola pengangkutan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Kendaraan keluar dari pool langsung menuju lokasi TD, dan dari TD sampahsampah tersebut langsung diangkut ke pemrosesan akhir.
- b. Dari pemrosesan tersebut, kendaraan kembali ke TD untuk pengangkutan ritasi berikutnya. Dan pada ritasi terakhir sesuai dengan yang ditentukan, kendaraan tersebut langsung kembali ke pool.



Gambar 2. 2 Skema Pola Pengangkutan Sampah Secara Tidak Langsung

2.2 Sistem Informasi Geografis

Menurut Eddy Prahasta (2018) mendefinisikan sistem sebagai sekumpulan objek ide, berikut keterkaitannya di dalam mencapai tujuan. Dengan kata lain sekumpulan komponen (sub-sistem fisik dan non-fisik/logika) yang salingberhubungan satu sama lainnya yang bekerja sama untuk mencapai suatu tujuan. Data merupakan suatu kenyataan apa adanya, penemuan *Punched Asri* menegaskan bahwa pengkonvensian data menjadi informasi adalah suatu proses. Sehingga informasi (2018) adalah data yang telah ditempatkan pada konteks yang penuh arti oleh

penerimanya.

Pada saat ini hampir semua organisasi memiliki sistem informasi. Sistem Informasi merupakan entitas (kesatuan) formal yang terdiri dari berbagai sumber daya fisik dan logika. Dari organisasi ke organisasi, sumber daya ini disusun dengan beberapa cara karena organisasi dan sistem informasinya merupakan sumber data dinamis (Eddy Prahasta, 2018).

Dari pengertian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa Sistem Informasi merupakan kumpulan dari sub-sub yang saling berhubungan sehingga menjadi sebuah informasi yang mempunyai arti dan berguna bagi penerimanya untuk mencapai suatu tujuan bersama.

2.3 Graph

Teori graf lahir pada tahun 1736 melalui tulisan Euler yang berisitentang upaya pemecahan masalah jembatan Königsberg yang sangat terkenal di Eropa. Kurang lebih seratus tahun setelah lahirnya tulisan Euler tersebut tidak ada perkembangan yang berarti berkenaan dengan teori graf. Tahun 1847, G. R. Kirchoff (1824 – 1887) berhasil mengembangkan teori pohon yang digunakan dalam persoalan jaringan listrik. A. Cayley (1821 – 1895) juga menggunakan konsep pohon untuk menjelaskan permasalahan kimia yaitu hidrokarbon. Pada masa Kirchoff dan Cayley juga telah lahir dua hal penting dalam teori graf. Salah satunya berkenaan dengan konjektorempat warna.⁹

Para ahli teori graf berkeyakinan bahwa orang yang pertama kali mengemukakan masalah empat warna adalah A. F. Mobius (1790 – 1868). Sepuluh tahun kemudian, A. Demorgan (1806 – 1871) kembali membahas masalah ini bersama ahli – ahli matematika lainnya di kota London. Hal yang penting untuk dibicarakan sehubungan dengan perkembangan teori graf adalah yang dikemukakan oleh Sir W. R. Hamilton (1805 – 1865). Pada tahun 1859 dia berhasil menemukan suatu permainan. Permainan tersebut dari kayu yakni berupa sebuah polihedron 12 muka dan 20 pojok.

Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek. Graf $G = (V, E)$ yang dalam hal ini

V = Himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (vertices)

$$= \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$$

E = Himpunan sisi (edges) yang menghubungkan sepasang simpul

$$= \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$$

Graf digunakan untuk menggambarkan berbagai macam struktur yang ada, misalnya struktur organisasi, rute jalan, dan bagan alir pengambilan mata kuliah. Tujuannya untuk menggambarkan

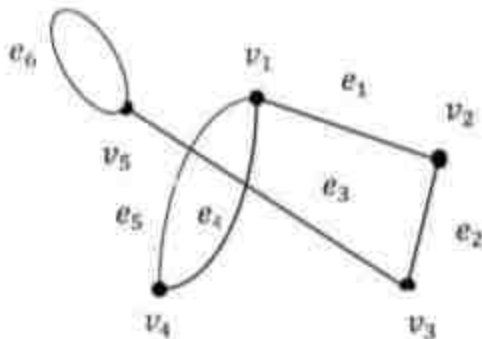
objek-objek agar lebih mudah dimengerti. Suatu graf G terdiri dari:

- Suatu graf terdiri dari dua himpunan yang berhingga, yaitu himpunan simpul-simpul tak kosong $V(G)$ dan himpunan sisi $E(G)$.
- Setiap sisi berhubungan dengan satu atau dua titik. Sisi yang berhubungan dengan satu titik disebut Loop.

2.3.1 Definisi Graf

Graf G adalah pasangan, $(V(G), E(G))$, di mana $V(G)$ adalah himpunan berhingga titik-titik (*vertices*) yang tak kosong dan $E(G)$ adalah himpunan sisi (mungkin kosong), sedemikian sehingga setiap sisi (*edge*) $E \in E(G)$ adalah pasangan tak berurutan dari titik-titik di $V(G)$. Himpunan titik dari G dinotasikan dengan $V(G)$ sedangkan himpunan sisi dinotasikan dengan $E(G)$ (Budayasa, 2007: 1).

Jumlah titik dari graf G disebut *order* graf G yang dinotasikan dengan $|V(G)|$ sedangkan jumlah sisi dari graf G disebut *size* graf G yang dinotasikan dengan $|E(G)|$. Gambar di bawah ini contoh graf dengan 5 titik dan 6 sisi. Contoh:



Gambar 2.3 Graf dengan 5 titik dan 6 sisi

Dalam sebuah graf, seperti terlihat pada Gambar 2.3, dimungkinkan adanya suatu sisi yang dikaitkan dengan pasangan (v_i, v_i) . Sisi yang dua titikujungnya sama disebut *loop*/gelang. Pada Gambar 2.3, sisi e_6 merupakan sebuah *loop*. Dalam sebuah graf dimungkinkan adanya lebih dari satu sisi yang dikaitkan dengan sepasang titik. Pada Gambar 2.3, sisi e_4 dan sisi e_5 dikaitkan dengan pasangan titik (v_1, v_4) . Menurut Sutarno dkk. (2018: 60), pasangan sisi semacam ini disebut sisi-sisi paralel/sejajar atau sisi rangkap. Sebuah graf yang tidak memiliki *loop* dan tidak memiliki sisi rangkap disebut graf sederhana.

Jika sebuah titik merupakan titik ujung dari suatu sisi, maka v_i dan e_j disebut saling berinsidensi atau titik v_i terkait (incident) dengan sisi e_j (Sutarno dkk., 2018: 60).

Contoh:

Pada Gambar 2.3 di atas, sisi e_1 dan e_4 adalah sisi-sisi yang terkait dengan titik v_1 .

Dua sisi yang tidak paralel disebut bertetangga (*adjacent*), bila kedua sisi tersebut terkait dengan titik yang sama. Selain itu, dua buah titik disebut bertetangga jika kedua titik tersebut merupakan titik-titik ujung dari sisi yang sama (Sutarno dkk., 2018: 60).

Contoh:

Jumlah atau banyaknya sisi yang terkait dengan suatu titik v_i (*loop* dihitung dua kali), disebut derajat (*degree*) dari titik tersebut dinotasikan $d(v_i)$. Derajat suatu titik sering juga disebut valensi dari titik tersebut. Derajat minimum dari graf G dinotasikan dengan $\delta(G)$ dan derajat maksimumnya dinotasikan dengan $\Delta(G)$.

Contoh :

Pada Gambar 2.3, terlihat bahwa untuk setiap titik v di derajat G titiknya adalah

$$d(v_1) = 3, \quad d(v_2) = 2, \quad d(v_3) = 2, \quad d(v_4) = 2, \quad d(v_5) = 3$$

Sehingga $\delta(G) = 2$ dan $\Delta(G) = 3$

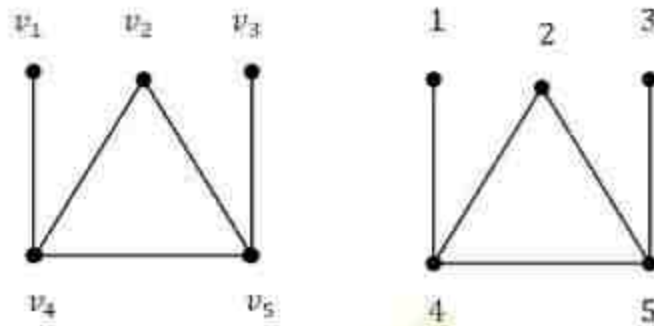
2.4 Pelabelan Graf

Hasil penelitian Budiasti (2010) mengatakan bahwa pelabelan pada suatu graf adalah pemetaan (fungsi) yang memasang unsur-unsur graf (titik atau sisi) dengan bilangan (biasanya bilangan bulat positif). Jika domain dari pemetaan adalah titik, maka pelabelan disebut pelabelan titik (*vertex labeling*). Jika domainnya adalah sisi, maka disebut pelabelan sisi (*edge labeling*), dan jika domainnya titik dan sisi, maka disebut pelabelan total (*total labeling*).

Contoh :

Diberikan graf sebagai berikut.

Didefinisikan $f(v_1) = 1, f(v_2) = 2, f(v_3) = 3, f(v_4) = 4, f(v_5) = 5$

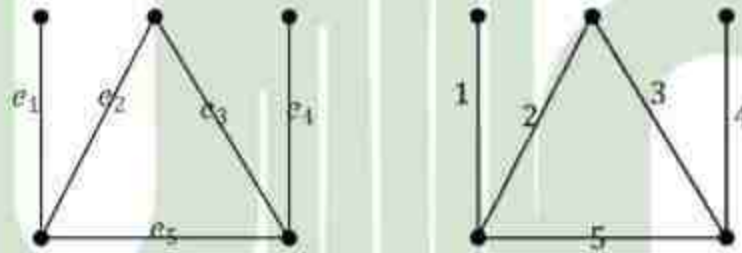


Gambar 2.4 Pelabelan Titik pada Graf G

Contoh:

Diberikan graf G

Didefinisikan $f(v_1) = 1, f(v_2) = 2, f(v_3) = 3, f(v_4) = 4, f(v_5) = 5$



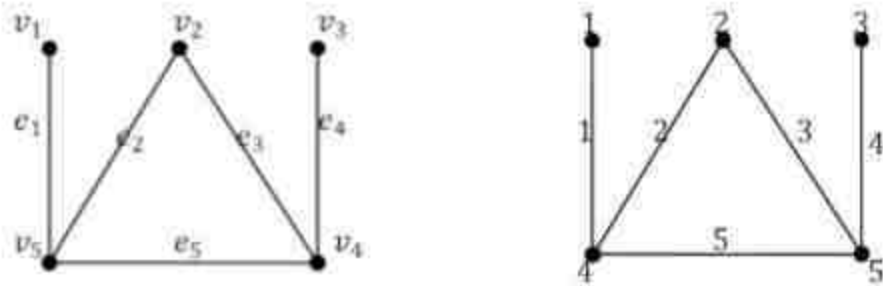
Gambar 2.5 Pelabelan Sisi pada Graf G

Contoh :

Diberikan graf sebagai G

$f(v_1) = 1, f(v_2) = 2, f(v_3) = 3, f(v_4) = 4, f(v_5) = 5$

$f(e_1) = 1, f(e_2) = 2, f(e_3) = 3, f(e_4) = 4, f(e_5) = 5$



Gambar 2.6 Pelabelan Total pada Graf G

2.5 *Capatitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*

Capatitated Vehicle Routing Problem (CVRP) adalah permasalahan yang melibatkan rute kendaraan dengan berbasis depot yang melayani konsumen yang tersebar dengan permintaan tertentu dengan memperhatikan kapasitas kendaraan . *Capatitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* sendiri merupakan salah satu variasi permasalahan yang berasal dari *Vehicle Routing Problem (VRP)*. *VRP* sendiri merupakan salah satu model dalam menyelesaikan masalah pendistribusian yang umum digunakan. *VRP* pertama kali diperkenalkan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959. Masalah *VRP* digambarkan memiliki n - kendaraan dengan kapasitas yang sama. Semua kendaraan ini memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot. Dahulu *VRP* mencoba mencari rute untuk armada kendaraan yang homogen agar dapat memenuhi permintaan pelanggan, dimana setiap pelanggan hanya sekali didatangi oleh satu kendaraan yang awal dan akhir perjalanannya di stasiun pusat, serta memiliki batasan yang harus dipenuhi. Tujuan *CVRP* adalah melayani sejumlah konsumen yang ada dengan biaya yang paling minimum dan kapasitas maksimum . *Capatitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* adalah istilah umum yang dipakai banyak pihak. Beberapa ahli lain menggunakan nama berbeda dengan permasalahan yang sama. *Routing problem* menekankan pada bagaimana membuat urutan mengunjungi konsumen dengan kendaraan yang berangkat dan berakhir di depot. Bila diberikan tambahan keterangan waktu seperti waktu keberangkatan dan waktu kedatangan maka permasalahan menjadi *scheduling problems*.

Secara umum fungsi tujuan dari permasalahan *CVRP* adalah meminimasi jumlah kendaraan yang digunakan dan total jarak tempuh kendaraan. Meminimasi jumlah kendaraan

biasanya diletakkan sebagai fungsi tujuan yang utama baru kemudian meminimasi jarak tempuh kendaraan. Fungsi tujuan lain yang dapat ditambahkan adalah meminimasi waktu penyelesaian untuk setiap kendaraan, maupun rentang waktu penyelesaian antar kendaraan, ataupun jenis fungsi tujuan lain sesuai kebutuhan dan karakteristik masing-masing kasus.

Masalah utama *CVRP* adalah menentukan rute kendaraan sedemikian rupa sehingga setiap pelanggan dapat terlayani oleh tepat satu kendaraan, permintaan terpenuhi, muatan sepanjang rute tidak melampaui kapasitas kendaraan dan panjang rute dari depot keliling kembali ke depot lagi diminimumkan.

CVRP memiliki variasi bentuk yang terjadi berdasarkan sejumlah faktor, kendala, dan fungsi tujuan. Jenis *CVRP* ada yang muncul dengan kendala waktu tempuh dan jarak tempuh, ada juga yang muncul dengan fungsi tujuan berupa total biaya, waktu, dan jarak tempuh. beberapa contoh varian dari *VRP*, antara lain:

1. *Vehicle Routing Problem Split Delivery (VRPSD)*

Melakukan pengiriman produk permintaan sebuah cabang atau depot dengan armada lebih dari satu.

2. *Vehicle Routing Problem Time Windows (VRPTW)*

Cabang atau depot memiliki rentang waktu pengiriman.

3. *Vehicle Routing Problem PickUp and Delivery (VRPPD)*

Pada cabang atau depot terjadi proses pengambilan dan pengantaran produk.

4. *Vehicle Routing Problem Multiple Trips (VRPMT)*

Armada kendaraan menempuh beberapa rute dengan kembali ke depot terlebih dahulu.

5. *Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP)*

Parameter angka (seperti jumlah konsumen, waktu pengiriman, dan permintaan masing-masing konsumen) bersifat acak.

6. *Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP)*

Cabang atau depot bersifat tidak tetap untuk masing-masing horizon waktu.

7. *Periodic Vehicle Routing Problem (PVRP)*

Pengiriman kepada cabang atau depot dapat dilakukan dalam beberapa waktu horizon perencanaan.

2.6. Algoritma *Tabu Search* (TS)

Tabu Search pertama kali diperkenalkan oleh Glover pada tahun 1986. *Tabu Search* merupakan salah satu algoritma yang berada dalam ruang lingkup metode heuristik. Konsep dasar dari *Tabu Search* adalah suatu algoritma yang menuntun setiap tahapannya agar dapat menghasilkan fungsi tujuan yang paling optimum tanpa terjebak ke dalam solusi awal yang ditemukan selama tahapan ini berlangsung. Tujuan dari algoritma ini adalah mencegah terjadinya perulangan dan ditemukannya solusi yang sama pada suatu iterasi yang akan digunakan lagi pada iterasi selanjutnya.

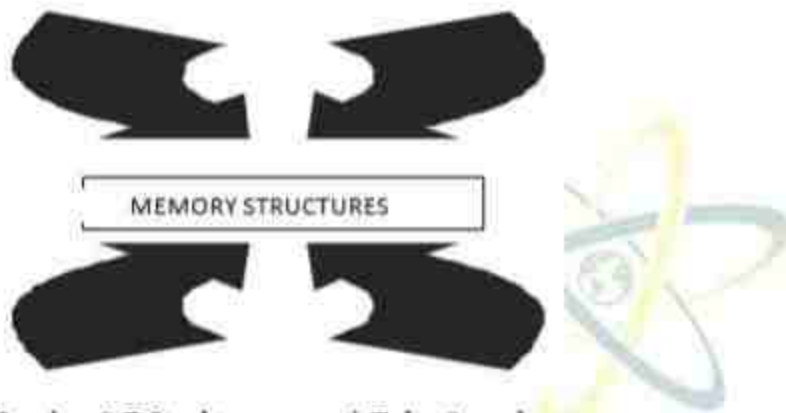
Menurut Glover dan Laguna (1997) kata tabu atau "*taboo*" berasal dari bahasa Tongan, suatu bahasa Polinesia yang digunakan oleh suku Aborigin pulau Tonga untuk mengindikasikan suatu hal yang tidak boleh "disentuh" karena kesakralannya. Menurut kamus Webster, tabu berarti larangan yang dipaksakan oleh kebudayaan sosial sebagai suatu tindakan pencegahan atau sesuatu yang dilarang karena berbahaya. Bahaya yang harus dihindari dalam *Tabu Search* adalah rute perjalanan yang tidak layak, dan terjebak tanpa ada jalan keluar.

Untuk menunjang sistematis dari tujuan *Tabu Search* digunakan dua macam *tools*, yaitu *adaptive memory* and *responsive exploration*. Keutamaan dari *adaptive memory* menuntun suatu prosedur yang mampu melakukan pencarian solusi dengan lebih ekonomis dan efektif. *Responsive exploration* lebih menekankan pada tahapan tiap proses yang harus dilalui selama proses pencarian itu berlangsung, di mana pada setiap tahapan tersebut mempunyai suatu *variable* keputusan yang akan menuntun pada tahapan berikutnya sampai akhir proses pencarian dihentikan.

Struktur memori dalam *Tabu Search* menggunakan empat prinsip utama: *recency*, frekuensi, *quality*, dan *influence*. *Recency* atau lebih lengkapnya *recency based memory*, menjaga rekaman atau jejak solusi yang mengalami transformasi dan menyimpannya ke dalam suatu *short term memory* yang disebut *tabu list*. *Recency* menyediakan sebuah tipe informasi yang telah direkam oleh *recency based memory*. *Recency* dan frekuensi dapat saling melengkapi untuk membentuk suatu informasi permanen guna mengevaluasi pergerakan/*move* yang terjadi.

Quality menyatakan kemampuan untuk membedakan solusi terbaik yang dikunjungi selama pencarian atau iterasi berlangsung. *Influence* mempertimbangkan efek yang terjadi dari pemilihan

solusi yang dipilih selama pencarian berlangsung, tidak hanya kualitas saja yang dipertimbangkan melainkan juga strukturnya.



Gambar 2.7 Struktur memori *Tabu Search*

Glover dan Laguna (1997) mengatakan bahwa memori pada *Tabu Search* mempunyai dua sifat yaitu *Explicit memory* dan *Attributive memory*. *Explicit memory* menyimpan *complete solution* yang umumnya menghabiskan alokasi ruang memori dan waktu, sehingga untuk menghindari hal ini *complete solution* dikurangi sehingga hanya terdiri dari *elite solution* yang dikunjungi selama pencarian. *Attributive memory* menyimpan informasi tentang atribut dari solusi yang ditemukan yang mungkin dapat berubah dari satu solusi ke solusi lain.

Sebagai suatu algoritma, *Tabu Search* mempunyai tahapan-tahapan dalam mencari solusi optimalnya. Tahapan-tahapan algoritma *Tabu Search* secara umum sebagai berikut:

Langkah 1 : Pilih solusi awal. Tentukan d dan 0 .

Langkah 2 : Tentukan 1 dan bentuk sebuah *subset* solusi, yang tidak melanggar kriteria tabu atau paling sedikit salah satu kriteria terpenuhi.

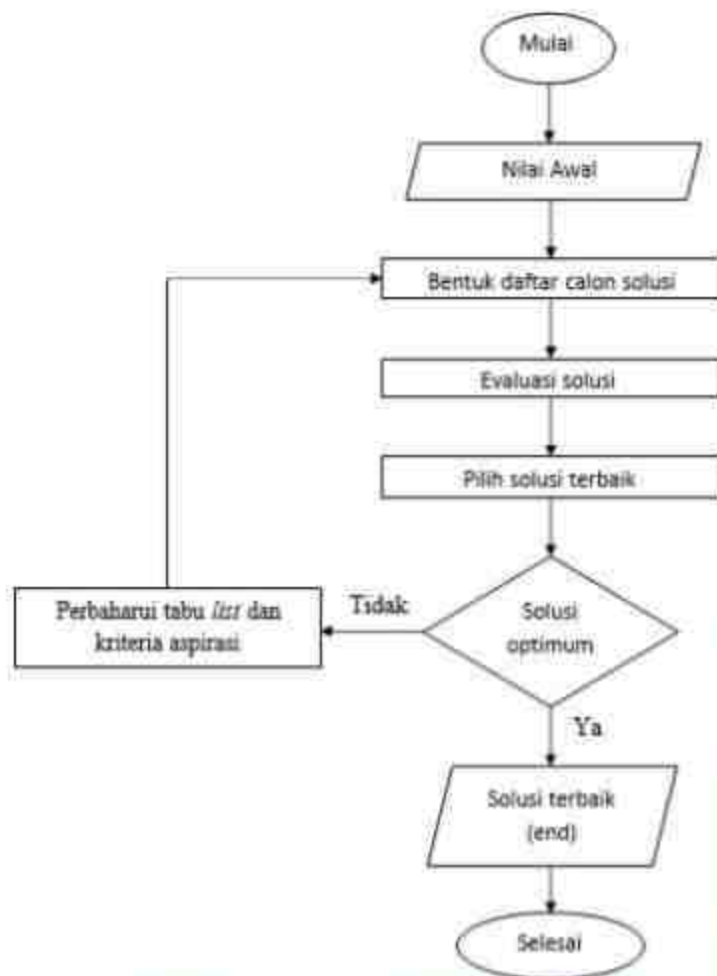
Langkah 3 : Pilih yang terbaik. Tentukan.

Langkah 4 : Jika maka tentukan.

Langkah 5 : Perbaharui kriteria tabu dan kriteria aspirasi.

Langkah 6 : Jika ditemui *stopping condition* maka berhenti. Jika tidak, kembali ke Langkah 2 (Hertz, et all, 2002).

Berikut ini merupakan flowchart algoritma *Tabu Search* standar:



Gambar 2.8 Flowchart standar algoritma *Tabu Search*

2.6.1 Algoritma *Tabu Search* untuk menyelesaikan CVRP

Tahapan penyelesaian *Tabu search* adalah sebagai berikut :

1. Membangkitkan sebuah solusi awal
Solusi awal untuk permasalahan CVRP yaitu membangkitkan rute secara random oleh masing-masing kendaraan, pada tahap ini akan ditentukan total jaraknya. Hasil yang diperoleh akan disimpan sebagai solusi terbaik untuk tahap awal .
2. Membuat solusi baru
Terdapat beberapa macam *move* yang dapat dipilih dalam proses pencarian solusi terbaik berlangsung yaitu :

a). *Local Search*, yang terdiri dari dua macam yaitu :

1. *Insertion*, yakni memilih secara random satu bagian struktur untuk dipindah ke bagian lain .

Contoh :

Struktur awal

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|

Jika dengan proses random didapat atribut ke-3 maka struktur dapat berubah menjadi :



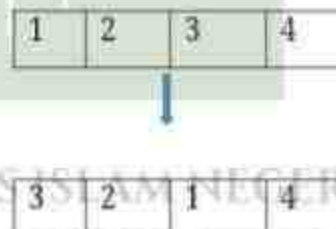
Gambar 2.9 Ilustrasi *Insertion Move*

2. *Swap* , yakni memilih secara random dua bagian struktur untuk selanjutnya ditukar posisinya .

contoh :

Struktur awal

Jika dengan proses random menghasilkan 1 dan 3 ,maka struktur dapat berubah menjadi :



Gambar 2.10. Ilustrasi *swap Move*

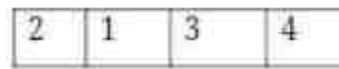
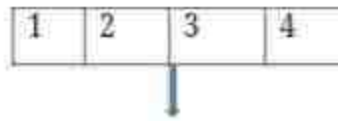
b). *Neighborhood search*, pencarian dengan teknik ini setiap kemungkinan atribut dari struktur dapat dipindah-pindah menggunakan aturan kombinasi.

Contoh

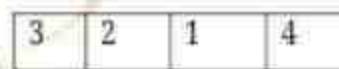
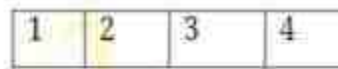
Struktur awal

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|

Dengan aturan kombinasi 2 dan 4 maka diperoleh struktur sebagai berikut :



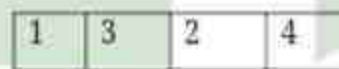
(a)



(b)



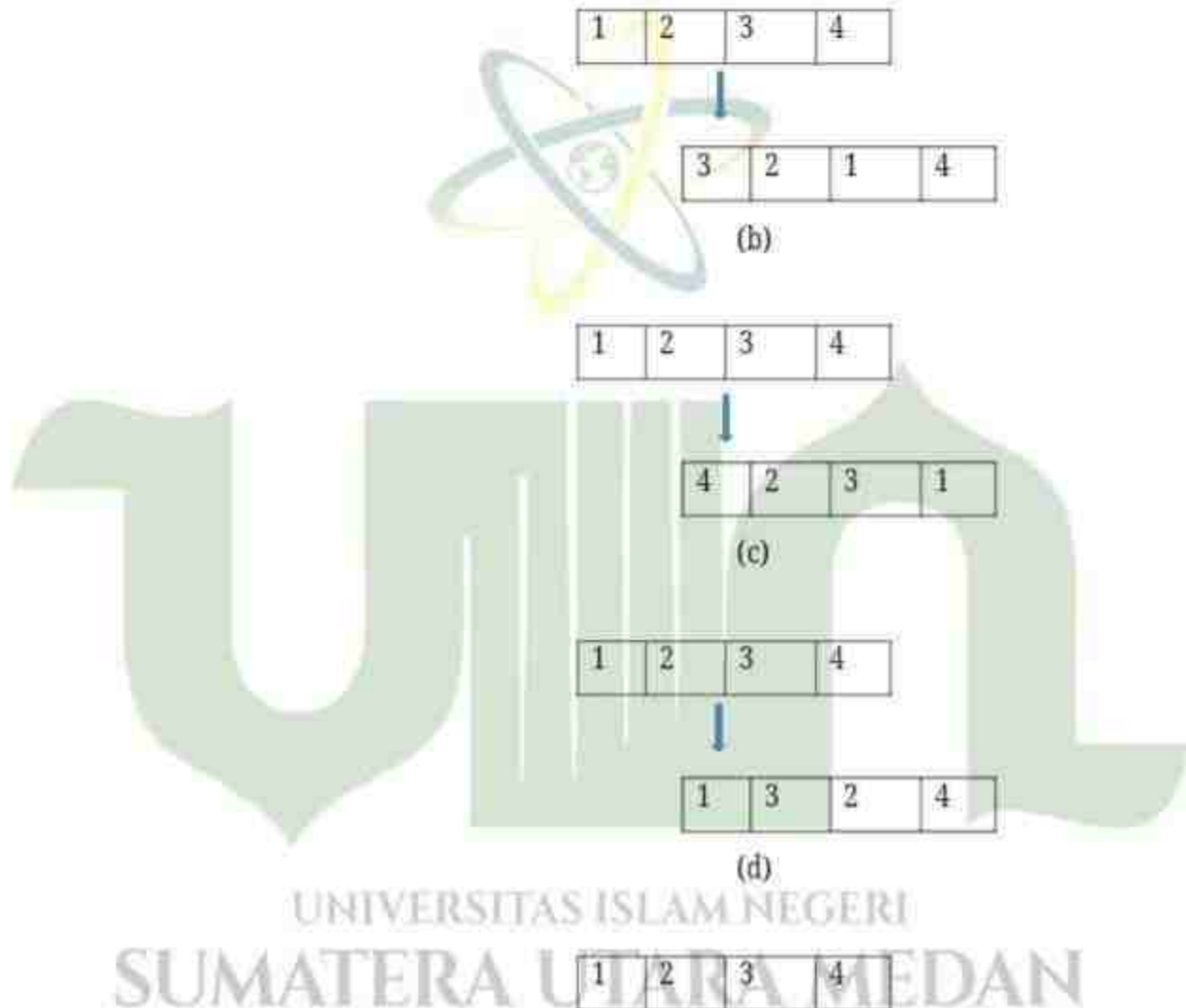
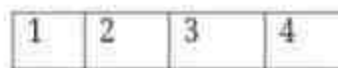
(c)



(d)

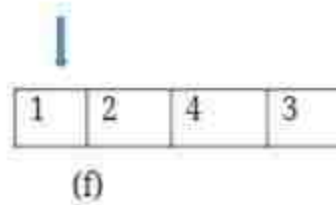


(e)



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI

SUMATERA UTARA MEDAN



Gambar 2.11. Ilustrasi *Neighborhood search*

3. Menghitung nilai dari setiap struktur yang terbentuk, kemudian memilih nilai terbaik untuk dimasukkan kedalam tabu list untuk menghindari terjadinya cycling (mengulang perhitungan)
4. Mengulangi langkah kedua dan ketiga hingga tercapai iterasi maksimal. Jika iterasi maksimal telah terpenuhi maka berhenti. Artinya nilai terbaik yang berada dalam tabu list adalah solusi yang terbaik.

2.7. Wahdatul Ulum

Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan izin Tuhan; dan tanah yang buruk, tanaman-tanamannya yang tumbuh merana. Demikianlah Kami menjelaskan berulang-ulang tanda-tanda (kebesaran Kami) bagi orang-orang yang bersyukur. (QS. Al-Araf ayat 56)

1. Ayat ini menjelaskan bahwasannya tumbuhan tumbuh subur karena izin Allah
2. Tanda kesuburan dan tidak suburnya tanaman merupakan salah satu tanda kebesaran Allah

الْمُحْسِنِينَ مِنْ قَرِيبٍ إِنَّ اللَّهَ رَحِيمٌ إِنَّ ۙ وَطَمَعًا خَوْفًا وَادْعُوهُ إِصْلَاحًا بِغَدِّ الْأَرْضِ فِي تَفْسُدُوا وَلَا

Artinya : Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.

Penekanan larangan merusak dan mengeksploitasi alam tanpa memperhatikan pemeliharannya juga dinyatakan dalam Alquran Surat Ar-Rum (30): 41-42 berikut ini:

فِي الْأَرْضِ فَلَّان سَيُزَوِّا ۙ (41) لَّهُمْ يَرْجِعُونَ (ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَحْرِ وَابْتَحَرَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَنَ (42) فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِنْ قَبْلَ ۚ كَانُوا أَكْثَرُ هُمْ شُرَكَاءِ

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). Katakanlah: “Adakanlah perjalanan di muka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah).” (QS. Ar Rum 41-42)

Ayat tersebut dengan jelas menyatakan bahwa segala kerusakan di muka bumi ini adalah akibat ulah manusia yang akibatnya akan kembali kepada manusia itu sendiri.

Alquran sebagai kitab suci umat Islam mengandung banyak ayat yang memberikan petunjuk dan panduan tentang bagaimana seharusnya manusia berinteraksi dengan lingkungannya. Ayat-ayat tersebut memberikan penekanan pada pentingnya menjaga kebersihan, keindahan, dan keseimbangan alam. Ayat Alquran tentang lingkungan juga mengajarkan tentang tanggung jawab manusia sebagai khalifah Allah di bumi untuk menjaga dan merawat alam.

Dalam ayat-ayat tersebut, Allah menegaskan bahwa alam semesta ini diciptakan dengan tujuan yang mulia dan manusia memiliki tanggung jawab moral untuk menjaga dan melindunginya. Ayat-ayat ini juga mengajarkan tentang pentingnya menghindari pemborosan, penghancuran lingkungan, dan penggunaan sumber daya alam yang berlebihan.

Pada QS. Al A'raf ayat 58

يَشْكُرُونَ لِقَوْمِ الْآيَاتِ أَنْصُرَفَ كَذَلِكَ نَكْفِي الْأَمْخْرَجَ لَا حَبْثَ وَالَّذِي رَبِّهِ بِأَدْنِ نَبَاتِهِ خَرَجَ الطَّيْبِ وَالْبَلْدِ

. Artinya: Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan izin Tuhan; dan tanah yang buruk, tanaman-tanamannya yang tumbuh merana. Demikianlah Kami menjelaskan berulang-ulang tanda-tanda (kebesaran Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.

SUMATERA UTARA MEDAN