

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelolaan Jalur Panen di Perkebunan Kelapa Sawit

Jalur panen merupakan infrastruktur utama dalam kegiatan operasional perkebunan kelapa sawit yang berfungsi sebagai media transportasi bagi hasil panen, tenaga kerja, dan alat berat dari lokasi pohon sawit menuju tempat pengumpulan hasil panen. Efisiensi jalur panen sangat mempengaruhi kecepatan pengangkutan Tandan Buah Segar (TBS) serta kualitas hasil panen yang diperoleh.

Menurut Megayanti et al. (2022), pengelolaan jalur panen yang baik harus memperhatikan kondisi topografi lahan, jenis tanah, curah hujan, sistem drainase, serta akses terhadap jalan utama. Jalur panen yang tidak efisien dapat menimbulkan kerusakan buah, keterlambatan pengangkutan, hingga peningkatan biaya operasional.

Topografi lahan memengaruhi desain jalur panen. Untuk wilayah berbukit, diperlukan sistem jalan bertingkat (terasering) serta penggunaan material pemadatan agar jalur tidak mudah rusak (Siregar & Nasutio, 2020). Sistem drainase yang baik seperti parit searah dan saluran silang juga penting untuk mencegah genangan yang dapat menghambat akses kendaraan angkut (Zulham & Samosir, 2021).

Pengelolaan jalur panen yang sistematis mendukung prinsip *Good Agricultural Practices* (GAP) dan standar sertifikasi keberlanjutan seperti RSPO dan ISPO, yang menekankan pada efisiensi, keselamatan kerja, serta keberlanjutan lingkungan (RSPO, 2022).

2.2 Teori Graf

Teori graf adalah cabang dari matematika diskrit yang mempelajari hubungan antar objek dalam struktur graf. Graf didefinisikan sebagai pasangan terurut $G=(V,E)$, di mana:

- V adalah himpunan simpul (vertices),
- E adalah himpunan sisi (edges) yang menghubungkan pasangan simpul.

Graf dapat berbobot apabila setiap sisi memiliki nilai atau bobot tertentu seperti jarak, waktu tempuh, atau biaya transportasi (Bondy & Murty, 2008). Dalam konteks jalur panen, simpul merepresentasikan blok kebun atau titik pengumpulan hasil panen, dan sisi menggambarkan jalur penghubung antar simpul dengan bobot berupa panjang jalur atau waktu tempuh.

Graf juga dapat diklasifikasikan menjadi graf terhubung (*connected graph*) dan graf tidak terhubung. Untuk kebutuhan perencanaan jaringan jalur panen, dibutuhkan graf terhubung sehingga setiap simpul dapat dijangkau dari simpul lainnya.

2.3 *Minimum Spanning Tree (MST)*

Minimum Spanning Tree (MST) atau pohon rentang minimum adalah subgraf dari graf terhubung berbobot yang menghubungkan seluruh simpul tanpa membentuk siklus dan dengan total bobot sisi terkecil. MST sangat berguna dalam optimasi jalur distribusi karena menghasilkan jaringan yang efisien dan ekonomis (Cormen et al., 2009).

Rumus umum untuk menghitung total bobot MST adalah

$$\text{Total Bobot MST} = \sum_{e \in T} w(e)$$

Gambar 2.1 Rumus *Minimum Spanning Tree (MST)*

dengan:

- T adalah himpunan sisi dalam MST,
- $w(e)$ adalah bobot dari sisi e .

Aplikasi MST dalam perkebunan kelapa sawit mencakup pengoptimalan jalur angkut hasil panen agar setiap blok kebun dapat terhubung dengan jalur utama tanpa redundansi jalur, sehingga menghemat waktu dan biaya transportasi.

2.4 *Algoritma Kruskal*

Algoritma Kruskal merupakan salah satu metode populer dalam pencarian MST. Algoritma ini bekerja berdasarkan pendekatan *greedy algorithm*, yakni dengan selalu memilih sisi dengan bobot terkecil yang tidak membentuk siklus pada graf yang sedang dibangun (Kruskal, 1956).

Langkah-langkah algoritma Kruskal antara lain:

1. Urutkan semua sisi graf berdasarkan bobotnya dari yang terkecil.
2. Pilih sisi dengan bobot terkecil yang tidak membentuk siklus.
3. Ulangi langkah 2 hingga semua simpul terhubung.

Struktur data yang umum digunakan untuk mencegah pembentukan siklus adalah *Disjoint Set Union (DSU)* atau *Union-Find*. Kompleksitas waktu dari algoritma kruskal adalah:

$$O(E \log E)$$

Gambar 2.2 Rumus Algoritma Kruskal

dengan E adalah jumlah sisi dalam graf.

Kruskal lebih efisien digunakan pada graf jarang (*sparse graph*) seperti pada konteks blok-blok kebun yang tersebar, karena proses pengurutan sisi lebih cepat dan tidak memerlukan informasi tetangga simpul secara langsung (Tarjan, 1975).

2.5 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya menunjukkan pentingnya penerapan teori graf dan algoritma kruskal dalam pengelolaan jalur pipa dan kabel jaringan:

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Sebelumnya

No.	Judul	Peneliti (Tahun)	Metode	Hasil Penelitian
1	Yosua M. Situmorang & Abil Mansyur (2023)	Optimasi jaringan pipa primer PDAM Tirtanadi Cabang Tuasan	Algoritma Kruskal dengan data graf berbobot, software QM for Windows	Panjang total jaringan berkurang dari 32.645 m → 22.095 m (efisiensi 10.610 m).
2	Qurrota A'Yuni A. Ruhimat, Slamin, & Alvira Malinda (2024)	Optimasi jalur kabel jaringan intranet DISKOMINFO Bondowoso	Algoritma Kruskal	Panjang kabel berkurang dari 118,7 m → 45,4 m, penghematan biaya Rp. 3.493.200.
3	Fajar Mahardika (2019)	Jaringan komputer PT PLN Rayon Gombon	Algoritma Kruskal untuk MST	Mendapatkan jalur dengan panjang kabel minimum untuk jaringan komputer.
4	Fitri Annisa & Fitra	Jaringan listrik di Kecamatan Langsa Baro	Algoritma Kruskal	Panjang kabel berkurang dari 8.834 m → 7.581 m, hemat 1.253 m kabel.

	Muliani (2020)			
5	Azizatul Mualimah & Aris Fanani (2020)	Jaringan pipa distribusi air PDAM Tirta Dharma Lamongan	Algoritma Kruskal	Panjang pipa awal 41.608,15 m → 27.365,55 m, efisiensi 14.243,6 m.

