

SIMULASI OPERASI KONSTRUKSI *FLEXIBLE PAVEMENT* DENGAN MODEL CYCLONE STUDI KASUS : PROYEK JALAN KOTA DI TARAKAN

William Christian Tedjo.¹, Charles Kuanda.², and Ratna Alifen³

ABSTRAK : Proyek konstruksi merupakan proyek yang unik karena akan selalu terdapat perbedaan di setiap proyek konstruksi, namun dalam proyek konstruksi banyak kegiatan repetitif yang dilakukan oleh sumber daya proyek (manusia, mesin, dan material), sehingga membentuk sebuah siklus, dimana semua kegiatan akan berhubungan satu sama lain. Seiring dengan berkembangnya teknologi, konsep *CYCLONE (CYCLic Operation NETwork)* merupakan teknologi yang digunakan untuk membantu efisiensi kegiatan repetitif, untuk mengetahui produktivitas operasional dan *idle time* sumber daya proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *idle time* pada operasi konstruksi *flexible pavement* dengan menggunakan model operasi yang sudah ada dan mengetahui kebutuhan *truck* yang digunakan agar dapat. Permodelan yang dibuat menggunakan elemen-elemen dasar dari *CYCLONE*. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan observasi lapangan dan data *historical*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek jalan yang ditinjau memiliki produktivitas untuk 1 unit AMP, 1 unit *spreader*, dan 6 unit *truck* adalah 1.30 meter per menit. Penggunaan 6 *truck* untuk *hauling* memiliki *idle time* 0.00% pada AMP, 18.94% pada *spreader*, dan 49.94% pada *truck*. Hasil dari penelitian dibuat model yang mengurangi jumlah truk menjadi 2 agar dapat mengurangi *idle time* pada setiap sumber daya. Untuk proyek ke depan telah dibuatkan acuan untuk menentukan jumlah *truck* yang akan digunakan berdasarkan lokasi proyek dengan AMP.

KATA KUNCI : *cyclone*, produktivitas, *idle time*, konstruksi *flexible pavement*

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan proyek yang unik karena dalam setiap proyeknya akan selalu terdapat perbedaan di dalam operasinya walaupun jenis proyek yang dilaksanakan sama. Di dalam proyek konstruksi akan selalu ditemukan aktivitas yang dilakukan berulang kali sehingga membentuk sebuah siklus yang setiap operasinya berhubungan satu dengan yang lain. Di antara setiap proses akan terjadi *idle* yang dimana tetap akan ada biaya operasional meskipun sebuah pekerjaan sedang atau tidak dikerjakan sehingga mempengaruhi efisiensi sumber daya proyek, hal ini disebut *idle-time*.

Siklus yang akan di evaluasi pada penelitian ini adalah siklus operasi konstruksi *flexible pavement* yang sangat linear dan repetitif. Dalam proyek konstruksi *flexible pavement* terdapat tiga sumber daya utama yaitu, manusia, mesin, dan material. Setiap sumber daya akan saling berkaitan dalam pelaksanaannya di lapangan, sehingga dalam setiap operasi diharapkan sumber daya ini dapat bekerja secara sinergi.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415111@john.petra.ac.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415205@john.petra.ac.id

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, Alifrat@petra.ac.id

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan informasi pada zaman digital saat ini, muncul beberapa teknologi baru yang berkontribusi mengefisienkan pekerjaan-pekerjaan dalam berbagai bidang pekerjaan, termasuk pekerjaan bidang teknik sipil yaitu konstruksi. Salah satu konsep yang ada adalah *CYCLONE (CYCLic Operation NEtwork)* yang berguna untuk membantu proses simulasi berbagai kegiatan industri yang bersifat repetitif, terutama di bidang pekerjaan konstruksi (Halpin, 1992).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Flexible Pavement*

Menurut Darlan (2014) *flexible pavement* (perkerasan lentur) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan yang melintas di atasnya.

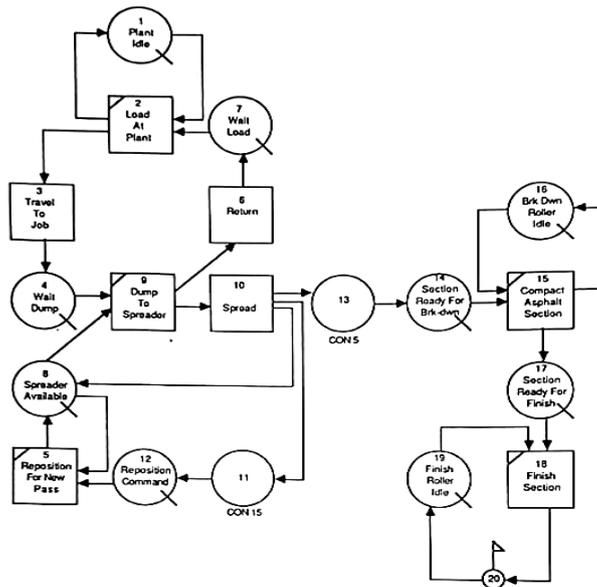
2.2 Peralatan Konstruksi *Flexible Pavement*

Dalam pelaksanaan Konstruksi *flexible pavement* peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- *Asphalt Mixing Plant*
Asphalt mixing plant (AMP) adalah basis untuk membuat *hot mix* yaitu dengan mencampurkan aspal dengan agregat kering dalam basis rasio tertentu pada *hot mix* final yang ingin dicapai seperti beton-base course (AC-BC) atau beton aspal-memakai kursus (AC-WC). Menurut Australian Asphalt Pavement Association (2010) *mixing plants* umumnya dikategorikan sebagai berikut:
 - *Batch Plants*, yang memproduksi dalam sistem *batch*
 - *Continuous Mixing Plants* (pada umumnya terdiri dari *drum mixing type*), yang mampu memproduksi secara *continuous*.
- Truk
Truk merupakan kendaraan yang digunakan untuk *hauling hotmix* di dalam siklus konstruksi *flexible pavement*. Menurut Peurifoy et al (2006), *truck* bisa diklasifikasikan dengan banyak factor, seperti:
 - Metode dumping material (*rear-dump, bottom-dump, atau side-dump*)
 - Tipe *frame* kendaraan (*rigid frame atau articulated*)
 - Ukuran dan jenis mesin (gasoline, diesel, butane, atau propane)
 - Jumlah roda kemudi (2 roda, 4 roda, atau 6 roda)
 - Jumlah roda dan gardan, serta susunan roda kemudi
 - Klasifikasi material yang di angkut (tanah, batu, batu bara, atau bijih/deposit)
 - Kapasitas kendaraan (gravimetric (tonase) atau volume (kubikasi))
- *Asphalt Spreader*
Menurut Genat (1995) *asphalt spreader* adalah mesin yang mendistribusikan aspal campuran panas di atas area yang akan diaspal. Kebanyakan *spreader* didorong sendiri oleh tapak perayap atau ban karet. Yang kurang umum adalah *spreader* yang ditarik oleh mesin. *Spreader* dinilai berdasarkan lebar trotoar yang dapat mereka terapkan.
- *Breakdown Roller*
Breakdown Roller adalah *roller* yang bekerja ketika *hot mix* mulai dihamparkan. hal ini membantu untuk mencapai kepadatan maksimum dan stabilitas pada permukaan jalan. Menurut The Asphalt Institute (1965) *Breakdown rolling* harus di lakukan dengan *roller* dengan ban besi.
- *Finish Roller*
Finish Roller adalah *roller* yang bekerja ketika *hot mix* mulai mengeras. Menurut The Asphalt Institute (1965) *finish rolling* di lakukan dengan tujuan memperbaiki permukaan jalan. Roller dimulai ketika campuran mulai menjadi kaku untuk membentuk permukaan yang rata.

2.3 Model Siklus Operasi Konstruksi *Flexible Pavement*

Berdasarkan Halpin (1922) siklus dari operasi konstruksi *flexible pavement* diintegrasikan menjadi **Gambar 1** sebagai berikut:



Gambar 1. Siklus Konstruksi Flexible Pavement

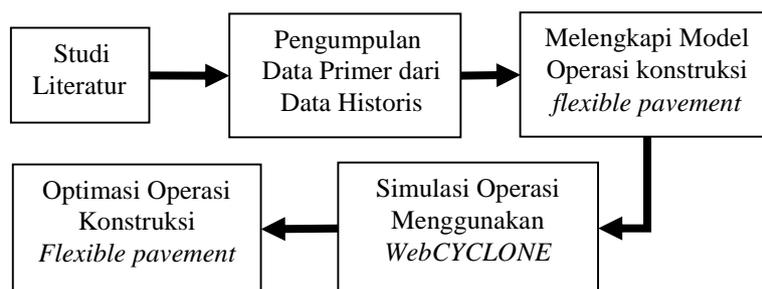
2.4 Cyclone

CYCLONE merupakan singkatan dari *CYCLic Operations Network*. *Cyclone* merupakan teknik pemodelan yang memungkinkan representasi grafis dan simulasi sistem diskrit yang berhubungan dengan variabel deterministik atau stokastik. Variabel deterministik berarti tidak mengandung variabel acak sedangkan stokastik berarti terdiri dari satu atau lebih variabel acak. Sistem diskrit berarti sistem yang hanya mengubah variabel keadaan pada titik diskrit atau waktu yang dapat dihitung (Halpin, 1992). Untuk model operasional menggunakan *Cyclone*, pemodel berfokus menggunakan sumber daya yang terlibat dengan interaksi dalam pemodelan. Sumber daya yang diperlukan meliputi alat, tenaga kerja, dan material.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang ditetapkan, pembahasan akan dilakukan berdasarkan tahapan aktivitas yang dilakukan seperti yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Tahapan Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi yang diperlukan dan digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini. Studi literatur diperoleh dari buku dan jurnal-jurnal penelitian sebelumnya yang terkait. Pada bagian studi literatur ini dipelajari operasi konstruksi *flexible pavement*, konsep metode pemodelan *CYCLONE*, dan bagaimana cara menggunakan *software WebCyclone* yang kemudian akan digunakan sebagai dasar dalam menganalisa dan membahas penelitian ini.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengolahan data historis. Data yang didapat melalui data historis ini merupakan data primer karena proyek yang diteliti telah selesai. Data primer yang berhasil didapatkan kemudian ditabelkan dengan menggunakan *Software Microsoft Office Excel*. Pengolahan data historis ini dilakukan untuk:

1. Mengetahui sumber daya yang digunakan, yaitu material dan alat yang digunakan, tenaga kerja yang ikut berkontribusi.
2. Menggambarkan operasi konstruksi *flexible pavement*.
3. Mendapatkan durasi waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap proses yang ada di dalam operasi konstruksi *flexible pavement*.

3.4 Melengkapi Model Operasi Konstruksi *Flexible Pavement*

Setelah mengumpulkan data dari lapangan dan memperoleh gambaran sistem operasi pemindahan tanahnya selanjutnya dibuat sebuah model operasi dari sistem yang ada di lapangan. Model operasi di sini berfungsi untuk menyederhanakan sistem operasi yang ada di lapangan yang kemudian akan diubah menjadi *Network input* pada simulasi *cyclone*.

3.5 Simulasi Operasi Menggunakan *WebCyclone*

Tahap awal untuk melakukan simulasi menggunakan *WebCyclone* adalah dengan melengkapi model dari operasi konstruksi *flexible pavement* yang sudah ada berdasarkan Halpin (1992). Model operasional tersebut dilengkapi dengan adanya sumber daya berupa alat, tenaga kerja, dan material yang ikut berkontribusi dalam operasi konstruksi *flexible pavement*.

3.6 Optimasi Operasi Konstruksi *Flexible Pavement*

Dari hasil simulasi di atas akan dilakukan optimasi pada pemodelan operasi konstruksi *flexible pavement* yang telah dibuat ada. Optimasi dilakukan dengan mencari kombinasi jumlah sumber daya yang optimal agar *idle time* sumber daya menjadi rendah dan mendapatkan tingkat produktivitas yang tinggi.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Informasi Proyek

Proyek yang ditinjau adalah proyek konstruksi jalan di kota Tarakan dengan tipe *flexible pavement*. Material yang digunakan di produksi oleh AMP yang berada di Jalan Juata Permai dengan jarak 3.5 Km ke lokasi proyek. Lokasi AMP adalah tetap. Proyek Jalan Kota yang dibangun memiliki lebar rata-rata 3.70 meter dengan lebar terbesar 4.20 meter dan lebar terkecil 2.95 meter. Tebal *asphalt pavement* adalah 6 cm. Panjang proyek Jalan Kota memiliki panjang 5330 meter

4.2 Simplifikasi Model

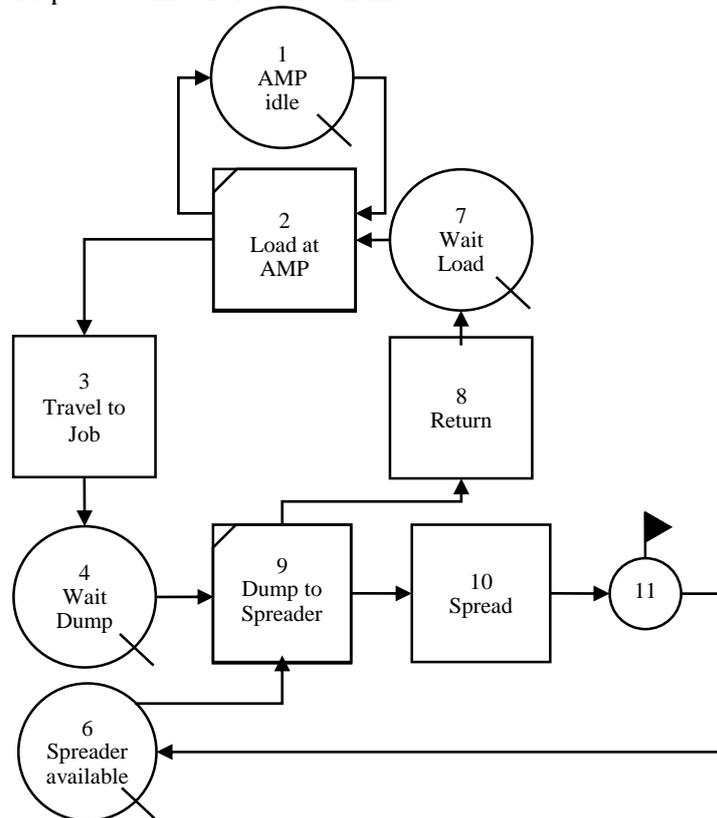
Proyek konstruksi Jalan Kota yang ditinjau adalah proyek di daerah pemukiman sehingga proyek yang dilakukan berkelok-kelok. Oleh karena itu dilakukan simplifikasi dengan membagi menjadi empat *cluster* yaitu A, B, C, dan D, seperti pada **Gambar 3**. Pada masing-masing *cluster* terdapat beberapa *pass* yang merupakan jalur hamparan atau arah *spreader* berjalan. Penelitian dilakukan dengan meninjau setiap *pass* yang terdapat pada setiap *cluster*.



Gambar 3. Penggolongan Cluster

4.3 Penyusunan Model

Setelah dilakukan penelitian lebih lanjut, model simulasi mengalami beberapa perubahan sehingga menjadi model seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



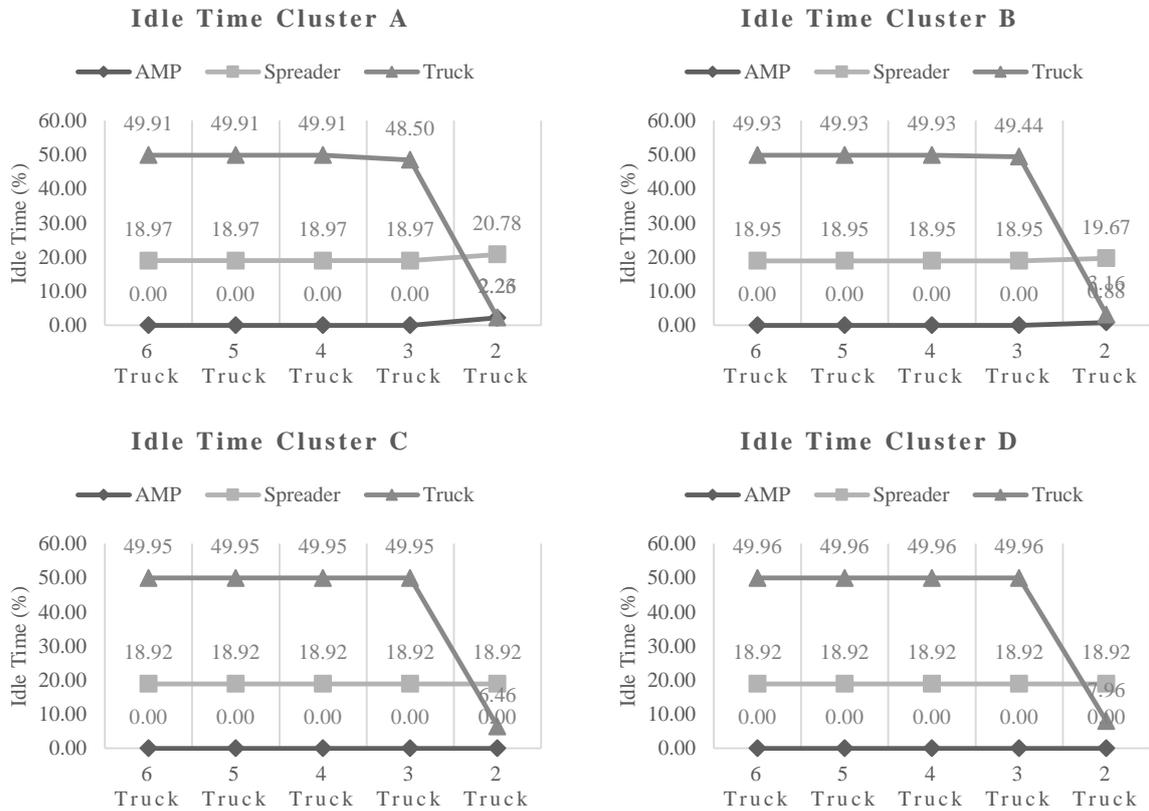
Gambar 4. Penggolongan Cluster

4.4 Simulasi

Setelah menyusun *coding* dari permodelan operasi pekerjaan pemindahan tanah mekanis, hal selanjutnya yang dilakukan adalah dengan melakukan simulasi. Pada tugas akhir ini simulasi dilakukan dengan bantuan program *WebCyclone* (<https://tomcat.itap.purdue.edu/WebCyclone/Cyclone.jsp>) dengan meng-*input* hasil *coding* yang telah dibuat ke bagian yang telah disediakan. Setelah data di-*input*, *WebCyclone* akan terlebih dahulu melakukan pengecekan pada logika pemrograman yang di-*input*. Jika data yang di-*input* sudah benar *WebCyclone* akan langsung melanjutkan dengan *run data* dan menunjukkan hasil dari simulasi.

4.5 Hasil

Hasil dari rata-rata produktivitas selama pekerjaan proyek ini adalah 1.30 meter/menit. Lalu dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa jumlah *truck* yang digunakan adalah 6 unit. Namun karena jumlah *truck* tersebut adalah over maka dilakukan simulasi untuk 4 *cluster* dengan jumlah *truck* yang berbeda-beda seperti pada **Gambar 5**. Hasilnya dapat diketahui bahwa jumlah *truck* efektif yang diperlukan selama pekerjaan setiap *cluster* adalah 2 *truck*.



Gambar 5. Hasil Simulasi Setiap Cluster dengan Perubahan Jumlah Truck

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan simulasi operasi konstruksi *flexible pavement* yang telah dilakukan dengan menggunakan *WebCyclone*, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Produktivitas simulasi dengan 6 *truck* didapatkan produktivitas rata-rata pengerjaan jalan proyek jalan kota di Tarakan adalah 1.30 meter/menit
2. Dari hasil optimasi didapatkan bahwa dengan penggunaan 6 *truck* tidak efisien dan dengan penggunaan 2 *truck* merupakan jumlah yang efisien
3. Serta didapatkan setiap penambahan 5 Km perjalanan dari AMP menuju Proyek *truck* yang diperlukan akan bertambah 1 unit.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, dianjurkan untuk memperbanyak jumlah sampel data yang didapat dari observasi lapangan agar data yang diolah menjadi semakin *valid*. Juga untuk memperhitungkan faktor biaya dalam melakukan optimasi agar hasil yang diperoleh lebih realistis di lapangan. Selain itu lebih berhati-hati dalam menentukan objek penelitian dan dalam pembuatan pemodelan operasi serta pengetahuan yang mendalam mengenai program simulasi *WebCyclone* agar hasil penelitian

dapat benar-benar diterapkan pada lapangan. Untuk proyek yang menggunakan data dari penelitian ini, dianjurkan untuk mempertimbangkan biaya dari sumber daya yang digunakan.

6. DAFTAR REFERENSI

Australian Asphalt Pavement Association. (2010). *Asphalt Mixing Plants*.

Darlan. (2014, July 23). *Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)*. Retrieved from <https://dpupr.grobogan.go.id/info/artikel/29-konstruksi-perkerasan-lentur-flexible-pavement>

Genat, R. (1995). *Road Construction*. Motorbooks International Publisher & Wholesalers.

Halpin, D. W., & Riggs, L. S. (1992). *Planning and Analysis of Construction Operations*.

Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., & Shapira, A. (2006). *Construction Planning, Equipment, and Methods* (Vol. Seventh Edition).

The Asphalt Institute. (1965). *Asphalt Paving Manual* (Vol. Second Edition).