

Perhitungan Biaya Pengeluaran Proyek Pemasangan Skid Injeksi Aditif dan Pewarna pada Tangki Bahan Bakar Minyak terhadap Waktu Penyelesaian dengan Metoda Sistem Dinamis

Nyimas Desy Rizkiyah¹, Tosty Maylangi Sitorus², Didi Junaedi³, Alam Amaludin⁴
^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Univeritas Mercu Buana, ⁴Teknik Elektro, Teknik,
Sekolah Tinggi Teknik Multimedia Cendikia Abditama
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat 11650
Email: nyimas.desy@mercubuana.ac.id

Abstrak

Depot Minyak (Terminal Bahan Bakar Minyak, TBBM) merupakan salah satu fasilitas industri yang berfungsi untuk menyimpan minyak bumi dan/atau bahan petrokimia. TBBM memiliki peran yang sangat fundamental terjadinya alur permindahan produk minyak sampai ke konsumen. Proyek pembangunan TBBM telah dilakukan analisis dan perhitungan berdasarkan bobot kerja dan biaya pada proyek pemasangan SKID injeksi aditif dan pewarna pada TBBM. Hasilnya menunjukkan bahwa bobot kerja proyek dan perhitungan besar biaya proyek akan dilakukan berdasarkan pada uraian kerja kegiatan proyek. Bobot kerja terbesar terjadi pada pengerjaan *Block injector for Additive and Dyes* sebesar 22,27% dan *Injection pump for Dyes* sebesar 22,24%. Besar biaya terbesar terjadi pada pengerjaan *Block injector for Additive* sebesar IDR 806.861.520,- dan *Injection Pump for Dyes* sebesar IDR 790.624.000,-. Total besar biaya proyek ini adalah sebesar IDR 3.554.611.105,- dalam periode waktu 3 bulan (6 minggu). Dengan memodelkan sistem dinamis perhitungan biaya akibat pemunduran waktu penyelesaian proyek menggunakan program komputer POWERSIM menunjukkan bahwa bila terjadi pemunduran waktu kerja selama satu bulan atau selesai dalam bulan ke 4, maka biaya pengeluaran akan bertambah sebesar IDR 446.219.568,55 (meningkat 13%), pemunduran 2 bulan menghasilkan biaya pengeluaran bertambah sebesar IDR 952.855.646,87 (meningkat 27%), dan pengunduran 3 bulan menghasilkan biaya pengeluaran bertambah IDR 1.528.528.763,81 (meningkat 43%).

Kata kunci: Sistem Dinamis, Pemodelan, Powersim, Waktu Penyelesaian Proyek, Bobot Kerja, Biaya Proyek

Abstract

Oil Depot is an industrial facility that functions to store petroleum and / or petrochemical materials. Oil Depot has a very fundamental role in the transportation of oil products to consumers. The Oil Depot construction project has been analyzed and calculated based on the work weight and cost of installation project on the additive and coloring SKID inside Oil Depot System. The results of the working weight and the project cost will be calculated for the working unit for each project activities. The highest working weight occurred for project activities on the workings of Block injectors for Additives and Dyes of 22.27% and Injection pump for Dyes of 22.24%. The highest cost is incurred on the work of Block injector for Additives amounting to IDR 806,861,520 and Injection pump for Dyes is IDR790,624,000. The total cost of this activities project is IDR 3,554,611,105 within a period of 3 months (6 weeks). By modeling the dynamic system of calculating costs due to delay of project completion time using the computer program POWERSIM shows that if there is a delay of working time for one month or completion in the 4th month, the cost of expenditure will increase by IDR 446,219,568.55 (an increase of 13%), 2 month drawbacks resulted in increased

expenditure costs increased by IDR 952,855,646.87 (an increase of 27%), and a 3 month delay resulted in an increase in expenditure costs of IDR 1,528,528,763.81 (a 43% increase).

Keywords: *Dynamic Systems, Modeling, Powersim, Time of Project Completion, Weight of Work, Project Costs*

PENDAHULUAN

Produksi minyak bumi selama 10 tahun terakhir menunjukkan kecenderungan menurun, dari 346 juta barel (949 ribu bph) pada tahun 2009 menjadi sekitar 283 juta barel (778 ribu bph) di tahun 2018 (Dewan Energi Nasional, 2019). Penurunan produksi tersebut disebabkan oleh sumur-sumur produksi utama minyak bumi yang umumnya sudah tua, sementara produksi sumur baru relatif masih terbatas. Untuk memenuhi kebutuhan kilang, Indonesia mengimpor minyak bumi terutama dari Timur Tengah sehingga ketergantungan terhadap impor mencapai sekitar 35%.

Dari tahun ke tahun mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk Indonesia (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016). Produksi minyak bumi Indonesia tidak cukup untuk memenuhi konsumsi BBM yang selalu meningkat. Sehingga, dengan adanya selisih antara konsumsi dan produksi, maka pemerintah melakukan impor minyak mentah dan BBM untuk memenuhi konsumsi BBM Indonesia.

Tentunya dengan peningkatan konsumsi tersebut, semakin meningkat pula kebutuhan jumlah dan kapasitas Depot Minyak (Terminal Bahan Bakar Minyak, TBBM). TBBM merupakan salah satu fasilitas industri yang berfungsi untuk menyimpan minyak bumi dan/atau bahan petrokimia. TBBM memiliki peran yang sangat fundamental terjadinya alur permindahan produk minyak sampai ke konsumen. Dari TBBM produk minyak bumi kemudian dikirim ke SPBU maupun industri. Sehingga ketersediaan dan keandalan TBBM menjadi sangat penting dan menjadi perhatian khusus dalam pembangunannya.

TBBM memiliki tangki-tangki penyimpanan yang dapat berada di atas maupun di bawah tanah, dan gantry crane untuk menyalurkan minyak. Umumnya TBBM berlokasi di dekat kilang minyak atau di dekat pelabuhan, di mana kapal tanker minyak dapat membongkar-muat minyak dengan mudah. TBBM dapat saling terhubung dengan menggunakan jalur pipa, dan kemudian dapat memuat minyak ke truk tangki, gerbong tangki, maupun jaringan pipa bawah tanah. Kebanyakan TBBM memiliki beberapa truk tangki yang berfungsi untuk mengirimkan minyak ke SPBU. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian TBBM adalah harus menjamin kesehatan, keselamatan kerja, dan lingkungan.

Pembangunan, perawatan dan pengoperasian TBBM adalah sangat penting untuk menjaga ketersediaan BBM di setiap saat. Perawatan TBBM membutuhkan teknik penanganan yang cukup rumit. Sehingga diperlukan langkah-langkah pelaksanaan perawatan yang baik melalui model perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan proyek TBBM seperti konstruksi, inspeksi, dan fabrikasi. Pelaksanaan pekerjaan proyek pembangunan TBBM terdiri atas *Pra Commissioning Test* dan *Commissioning* yang dipersyaratkan untuk memenuhi Pekerjaan Pemasangan SKID Injeksi Aditif dan Pewarna yang disesuaikan dengan standard kualitas dan keamanan.

Untuk keperluan tersebut, model simulasi sistem dinamis akan dibuat dalam rangka perencanaan strategik pendahuluan untuk mengintegrasikan tahapan pekerjaan pendahuluan proyek TBBM.

Seperti pada penelitian terdahulu yang menggunakan pemodelan sistem dinamis seperti Untuk membuat pemodelan dinamika sistem Pengelolaan Limbah Padat Kota menggunakan POWERSIM dengan unsur-unsur pemodelan dinamika sistem meliputi populasi, pengumpulan, penyimpanan, transportasi, dan pembuangan limbah padat bersama dengan produk pembangunan negara berkembang (Alam & Ahmad, 2015). Hasil penelitian model dinamika sistem kebutuhan beras di Indonesia mengenai impor beras masih akan diperlukan untuk memenuhi permintaan (Sulistyo *et al.*, 2016). Analisis menggunakan model dinamika sistem dapat membantu manajer logistik dalam menentukan skenario yang tepat untuk mencapai hasil yang optimal (Manbas *et al.*, 2019). Untuk meninjau tingkat efektivitas kereta berkecepatan tinggi di Indonesia untuk mewujudkan jaringan distribusi rantai pasokan terdesentralisasi untuk menangani e-logistik pengiriman miles terakhir menggunakan simulasi sistem dinamis (Setyawan & Novitasari, 2019). Menurut Amiri (2019) dalam tujuan penelitiannya mengembangkan alat pendukung keputusan berbasis simulasi sistem untuk outsourcing akan membantu para eksekutif dan praktisi di operator seluler untuk membuat keputusan yang memadai dengan risiko minimal. Dengan membuat model sistem dinamis dengan POWERSIM, penelitian Arsyifa *et al.* (2019) dapat mengukur kinerja di perusahaan industri surat kabar dan melakukan perbaikan pada atribut atau variabel di rantai pasokan industri surat kabar sehingga industri dapat bekerja secara optimal dan efisien. Dinamika sistem digunakan untuk melakukan perhitungan biaya pengeluaran yang timbul dalam kegiatan impor dengan memperkirakan memperkirakan harga yang wajar dan kompetitif di pasar (Rizkiyah & Adawiyah, 2020). Sedangkan tujuan penelitian ini yaitu:

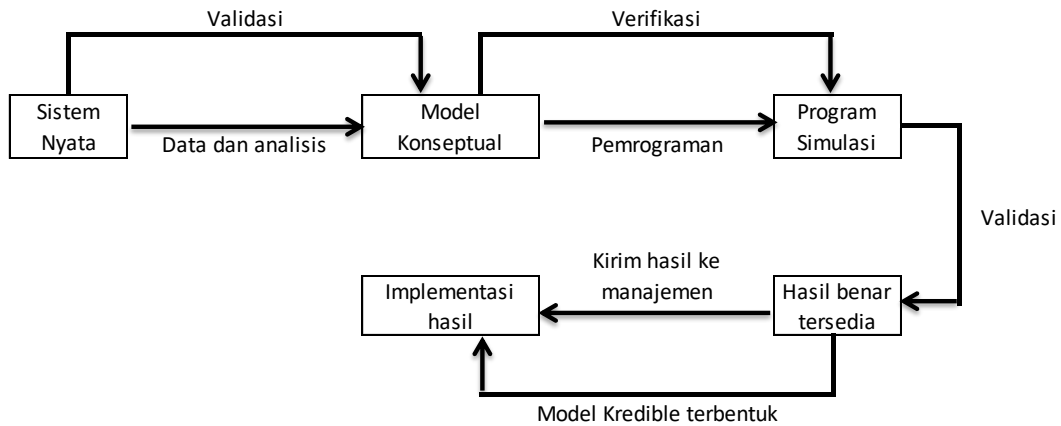
- Untuk mendapatkan suatu model yang menggambarkan tahapan pekerjaan pada Proyek Pemasangan SKID Injeksi Aditif dan Pewarna di TBBM
- Untuk menghitung bobot kerja dan biaya yang dikeluarkan pada Proyek Pemasangan SKID Injeksi Aditif dan Pewarna di TBBM
- Untuk memperkirakan besar peningkatan biaya akibat terjadi pemuluran waktu penyelesaian proyek

TINJAUAN PUSTAKA

Pemodelan sistem (Fishwick, 1995) adalah proses membangun atau membentuk sebuah model dari suatu sistem nyata dalam bahasa formal tertentu. Untuk memodelkan suatu sistem maka kita perlu tahu gambaran permasalahan yang ada serta hubungan antar komponen, variabel dan parameter-parameter sistemnya. Sehingga agar kita dapat memodelkan suatu masalah yang rumit maka kita memerlukan suatu metode untuk menggambarkan suatu situasi.

Untuk pemodelan simulasi model yang dibangun harus kredibel. Representasi kredibel sistem nyata oleh model simulasi ditunjukkan oleh verifikasi dan validasi model. Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model (program komputer) sesuai dengan logika diagram alur. Kalimat sederhananya, apakah ada kesalahan dalam program? (Hoover & Perry, 1989 dalam Suryani, 2006); verifikasi adalah pemeriksaan apakah program komputer simulasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan, dengan pemeriksaan program komputer. Verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar (Law & Kelton, 1991 dalam Suryani, 2006).

Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata? (Hoover & Perry, 1989 dalam Suryani, 2006); validasi adalah penentuan apakah model konseptual simulasi (sebagai tandingan program komputer) adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan (Law & Kelton, 1991 dalam Suryani, 2006).



Gambar 1. Proses Membangun Pemodelan Sistem

Dinamika Sistem

Dinamika Sistem/*System dynamics* (Forrester, 1992) adalah suatu metode pemodelan yang diperkenalkan oleh pada tahun 1950-an dan dikembangkan di *Massachusetts Institute of Technology* Amerika. Metodologi Dinamika Sistem (Ristono, 2010) pada dasarnya menggunakan hubungan-hubungan sebab-akibat (*causal*) dalam menyusun model suatu sistem yang kompleks, sebagai dasar dalam mengenali dan memahami tingkah laku dinamis sistem tersebut. Dengan perkataan lain, penggunaan metodologi dinamika sistem lebih ditekankan kepada tujuan-tujuan peningkatan pengertian kita tentang bagaimana tingkah laku sistem muncul dari strukturnya. Persoalan yang dapat dengan tepat dimodelkan menggunakan metodologi dinamika sistem adalah masalah yang: mempunyai sifat dinamis (berubah terhadap waktu); dan struktur fenomenanya mengandung paling sedikit satu struktur umpan-balik (*feedback structure*).

Dalam Sistem Dinamik, sistem didefinisikan sebagai sebuah kumpulan unsur-unsur yang secara kontinyu berinteraksi satu sama lain terhadap waktu untuk membentuk sebuah keseluruhan yang satu (*unified whole*). Hubungan antar komponen-komponen dari sebuah sistem disebut struktur sistem. Tahapan dalam pembuatan Sistem dinamis (Khotimah, 2011) sebagai berikut:


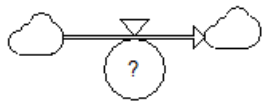




1. Gambarkan sistemnya
2. Ubah gambaran ke persamaan level dan rate
3. Simulasikan modelnya
4. Disain kebijakan dan struktur alternative
5. Didik dan debatlah
6. Implementasikan perubahan dalam kebijakan dan struktur

Simulasi Sistem Dinamis dengan POWERSIM

Selanjutnya untuk membuat simulasi sistem dinamik diperlukan perangkat lunak (*software*) yang dapat memodelkan struktur dan perilaku sistem. Salah satu perangkat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Powersim. Powersim dapat melakukan simulasi model system dinamik dengan baik dan mudah, serta dapat diunggah secara gratis untuk

kepentingan mahasiswa atau umum. Poin utama Powersim adalah bahwa simbol yang ada di Powersim, yakni *Level*, *Reservoir*, *Auxiliary* dan *Content* yang digunakan dalam pemodelan harus terkait (*linked*) satu dengan yang lain membantu suatu sistem yang terpadu (Roberts *et al.*, 1994).

Tabel 1. Variabel yang digunakan dalam Powersim dari Richardson & Pugh III (1981)

Variabel	Simbol
Level (Stock) atau akumulasi: <i>Level</i> mengintegrasikan (atau mengakumulasi) hasil dari aksi dalam sebuah sistem. Variabel <i>level</i> tidak dapat berubah dengan cepat begitu saja. <i>Level</i> menghasilkan kekontinuan sistem dari waktu ke waktu.	 Level
Rate (Flow): menceritakan seberapa cepat level itu berubah.	 Rate
Auxiliary: persamaan tambahan pada <i>rate</i> .	 Auxiliary
Constant: parameter yang ditetapkan di dalam model.	 Constant
Rate/Flow: <ul style="list-style-type: none"> • Aliran, aktivitas, pergerakan • Perubahan nilai level • Perubahan pada nilai rate <ul style="list-style-type: none"> – Yang tidak berpengaruh pada nilai rate yang sebelumnya – Tapi berpengaruh pada level sistem tapi terpengaruh dengan sistem luar 	
Source and Sink: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Source</i> mewakili sistem <i>level</i> dan laju di luar batas model • <i>Sink</i> adalah tempat aliran berakhir di luar sistem 	

METODE PENELITIAN

Perumusan Masalah

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan prosedur pekerjaan proyek setelah konstruksi dan pemasangan SKID pada Tangki Bahan Bakar Minyak (TBBM) dan perhitungan perkiraan biaya awal yang dikeluarkan pada Proyek Pemasangan SKID Injeksi Aditif dan Pewarna di TBBM. Prosedur pekerjaan ini meliputi fase *Pra-Commissioning Test* dan fase *Commissioning*. Pelaksanaan *Pra Commissioning Test* dan *Commissioning* yang dipersyaratkan untuk memenuhi Pekerjaan Pemasangan SKID Injeksi Aditif dan Pewarna yang disesuaikan dengan standar kualitas dan keamanan.

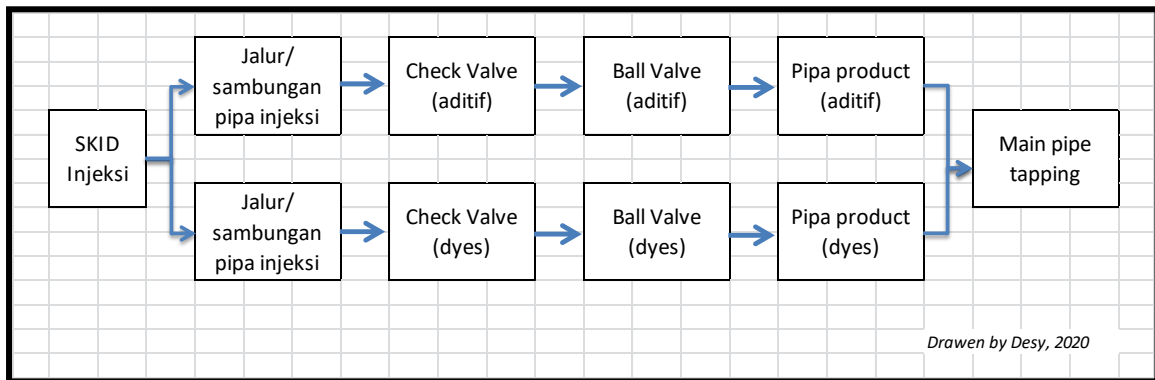
Penelitian ini hanya dibatasi pada lingkup kegiatan proyek pada fase *Pra-comissioning Test* adalah tahapan dimana konstruksi dan pemasangan peralatan untuk mekanikal, elektrik, pipa, kabel, instrument, dll sudah selesai 100% secara fisik dan

semua inspeksi Pihak kontraktor akan melakukan aktifitas *Pra-comissioning* disetiap bidang seperti mekanikal, elektrikal, pipa, dan instrument. Tim tersebut akan menjalankan aktifitas *Pra-comisioning* test sesuai prosedur yang dibuat selama persiapan teknikal.

Data Proses Kegiatan

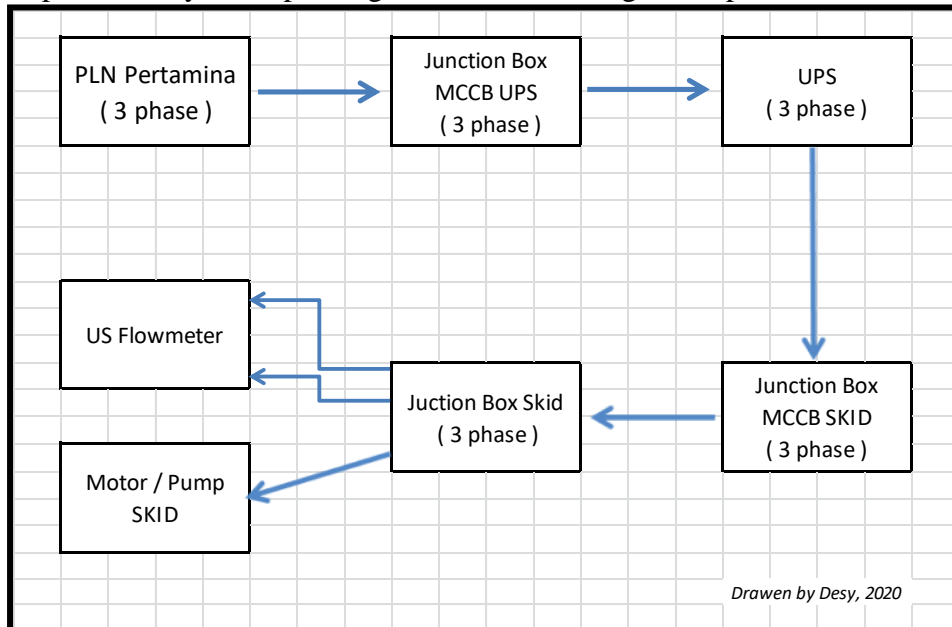
Data yang digunakan untuk diperoleh dari fase *Pra Commisioning Test* ini dikelompokkan menjadi perincian tercakup menjadi data teknis peralatan. Beberapa aktifitas *Pra Commisioning Test* yang akan dilakukan adalah:

Tahapan pertama, Perpipaan yakni bertujuan untuk memastikan seluruh pipa injeksi telah terpasang dengan sempurna ke Mainpipe/Mainline, tahapan kegiatan pemipaan tergambar pada Gambar 2.



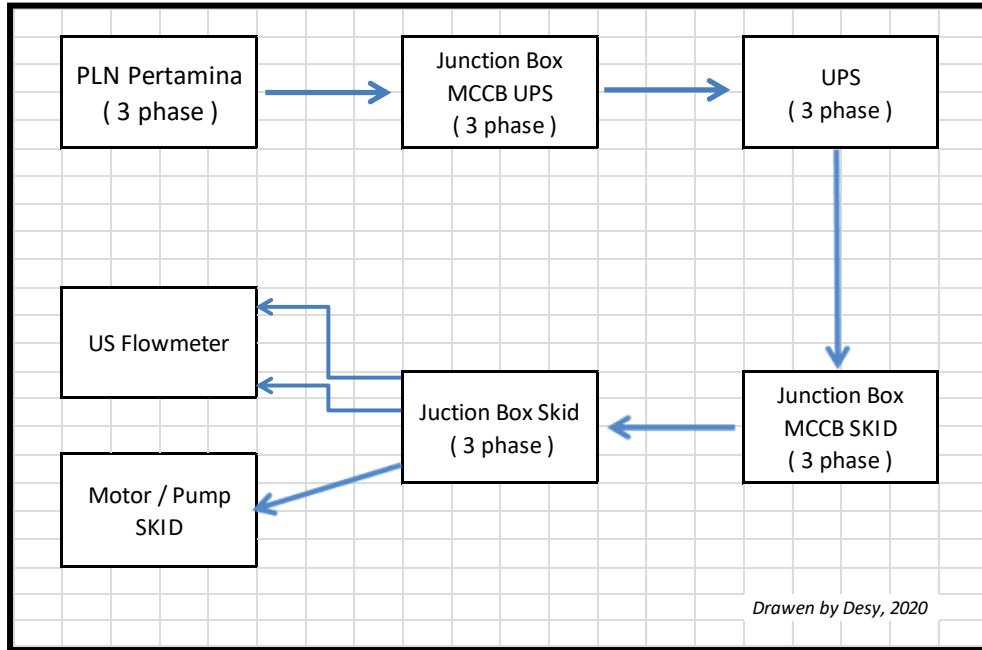
Gambar 2. Model Tahapan Kegiatan Pemipaan

Tahapan kedua, Elektrikal yakni untuk menguji pra-komisioning pada bidang ini perlu dilakukan pada beberapa alat seperti UPS, MCCB , Controler SKID, Lampu dan Drum Pump dan lainnya, tahapan kegiatan Elektrikal tergambar pada Gambar 3.



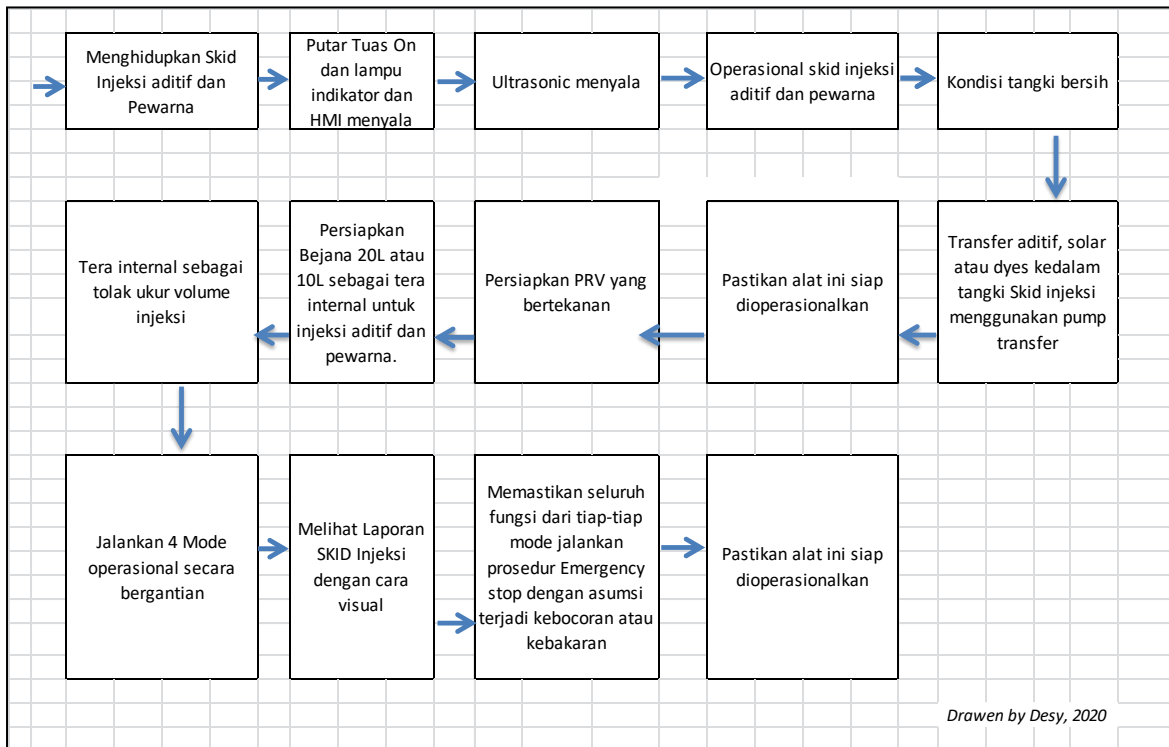
Gambar 3. Model Tahapan Kegiatan Elektrikal

Tahapan ketiga, *Instrument* yakni untuk melakukan dengan cara menguji alat pada SKID Injeksi aditif dan pewarna, dan lainnya, terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Model Tahapan Kegiatan Instrument

Setelah Proses Pemasangan SKID Injeksi selesai maka dilanjutkan dengan tahapan pemeriksaan pada Gambar 5. Setelah sarana SKID Injeksi aditif dan Pewarna dilakukan pengecekan dengan menjalankan SKID injeksi dengan mengalirkan cairan ke dalam pipa injeksi yang akan dikeluarkan kembali melalui drain.



Gambar 5. Model Tahapan Pengecekan

Fase *Commissioning* adalah fase lanjutan setelah fase pra-comissioning test dilakasana secara tuntas. Fase ini bertujuan untuk memastikan seluruh alat yang terpasang dapat berfungsi dengan baik, sehingga dapat dioperasi dengan aman.

Metode Pengolahan dan Analisis Data

Dengan mengatur urutan pekerjaan dan bobot kerja di lapangan, maka pelaksanaannya memerlukan waktu sekitar 3 bulan dengan pola kerja sebagai berikut.

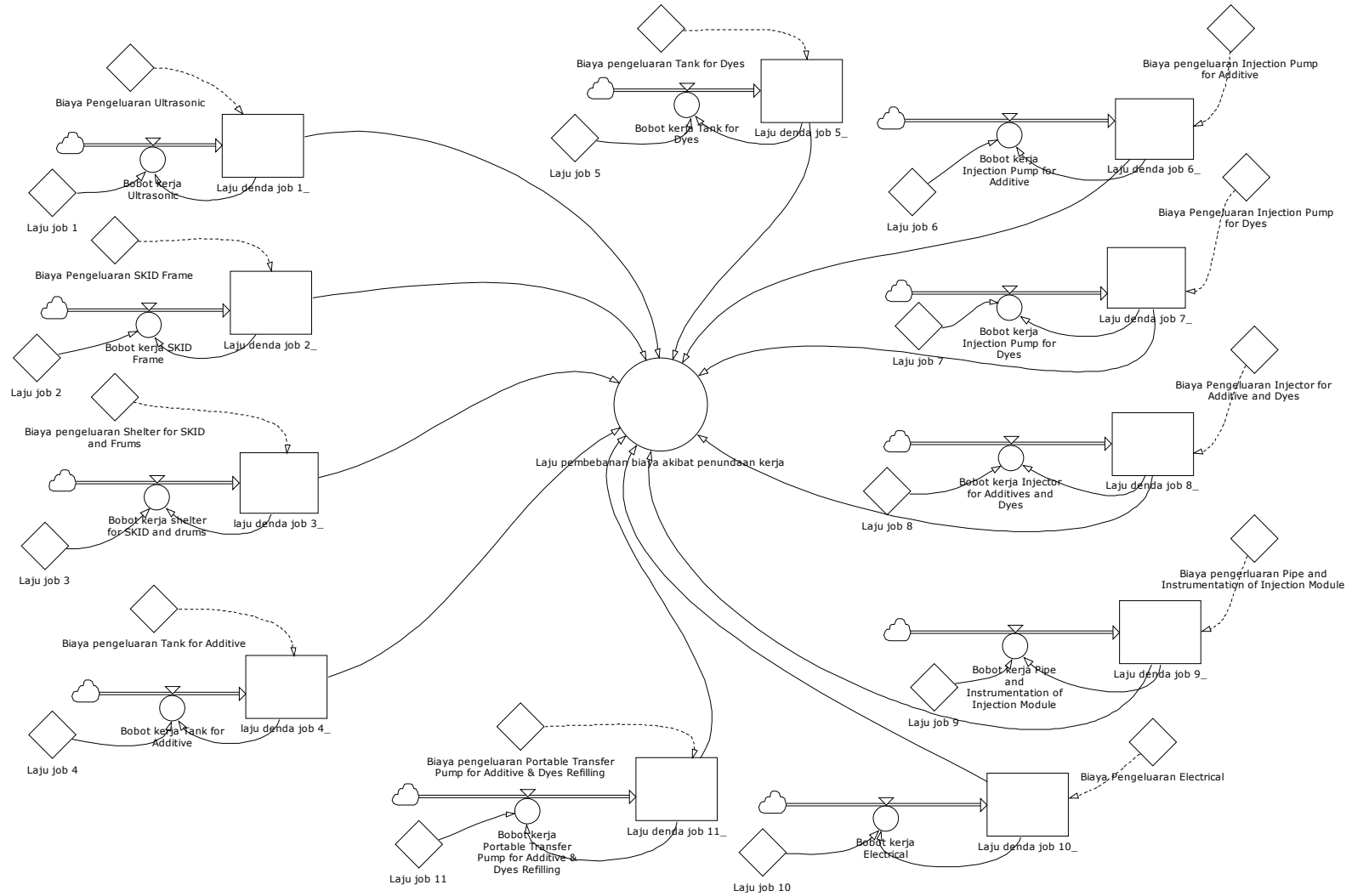
Tabel 2. Olahan Bobot Kerja Pelaksanaan Pekerjaan untuk 1 SKID, 1 Aditif & 2 Pewarna

Uraian Pekerjaan	Bobot Kerja	Bulan 1 (dalam Minggu)				Bulan 2 (dalam Minggu)				Bulan 3 (dalam Minggu)				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
		1	Ultrasonic Flowmeter Clamp On (for Flowrate up to 2000 kL/jam)	5.38										1.79
2	Skid Frame	1.98			1.98									
3	Shelter for Skid and Drums (area 4.0 m L x 9.5 m W)	4.73	2.37	2.37										
4	Tank for Additive	5.10						2.55	2.55					
5	Tank for Dyes	7.18						3.59	3.59					
6	Injection Pump for Additive	13.19			2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20				
7	Injection Pump for Dyes	22.24			3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71				
8	Block Injector for Additive and Dyes	22.70						3.78	3.78	3.78	3.78	3.78	3.78	
9	Pipe and Instrumentation of Injection Module	2.08									1.04	1.04		
10	Electrical	14.57	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43						
11	Portable Transfer Pump for Additives & Dyes Refilling	0.85												0.85
Total Prestasi		100.00	4.79	4.79	4.40	8.33	8.33	12.12	15.83	15.83	10.73	6.62	5.57	2.64

Pembuatan Model Sistem Dinamis

Dari sistem yang sudah kita buat, kita dapat transformasikan menjadi suatu Model Sistem Dinamis yang terdiri dari 11 Diagram sebab-akibat (*Causal Loop Diagram/CLD*) yang menggambarkan 11 pekerjaan untuk mencari berapa biaya yang dikeluarkan apabila proyek ini tidak berjalan dengan waktu kesepakatan awal. Penggambaran *CLD* Proyek ini dapat dilihat pada Gambar 7. Data inputan untuk membentuk *CLD* adalah :

- Konstan 1 adalah biaya pengeluaran job n
- Konstan 2 adalah laju job n yang merupakan bobot kerja dibagi dengan waktu penyelesaian job n
- Rate adalah bobot kerja job yaitu laju denda job n dikalikan dengan laju job n
- Level adalah laju denda job n, untuk laju denda job n+1 = laju denda job n + bobot kerja



Gambar 6. Model CLD Perkiraan perhitungan biaya pengeluaran akibat adanya pemelaran waktu menggunakan program komputer POWERSIM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosedur pekerjaan proyek setelah konstruksi dan pemasangan SKID telah selesai 100 persen pada Tangki Bahan Bakar Minyak (TBBM) dan perhitungan perkiraan biaya awal yang dikeluarkan pada Proyek Pemasangan SKID Injeksi Aditif dan Pewarna di TBBM, maka prosedur pekerjaan selanjutnya adalah pekerjaan fase *Pra-Commissioning Test* dan fase *Commissioning*. Selanjutnya pekerjaan pada kedua fase tersebut, dikelompokkan menjadi 11 uraian pekerjaan. Bobot kerja yang terbesar terjadi pada pekerjaan *Injection Pump for Dyes* dan *Block Injector Pump for Additive and Dyes* yang masing-masing sebesar 22,24% dan 22,70%. Pekerjaan *Injection Pump for Dyes* dilaksanakan secara berturut-turut mulai dari minggu ke 4 sampai 9. Selanjutnya pekerjaan *Block Injector Pump for Additive and Dyes* dilaksanakan mulai dari minggu ke 6 sampai 11. Pekerjaan yang terakhir adalah *Portable Transfer Pump for Additives and Dyes Refilling* di minggu ke 12 dengan bobot kerja terkecil pula sebesar 0,85%.

Biaya pekerjaan yang terbesar terjadi pada pekerjaan *Injection Pump for Dyes* dan *Block Injector Pump for Additive and Dyes* yang masing-masing sebesar Rp.790.624.000,- dan Rp.806.861.530,-. Biaya pekerjaan yang terendah adalah *Portable Transfer Pump for Additives and Dyes Refilling* di minggu ke 12 dengan biaya sebesar Rp.30.371.856,-.

PENUTUP

Simpulan

Pembuatan model pekerjaan dengan pemodelan memudahkan kita dalam menganalisis kondisi pekerjaan yang sudah ada dan memberikan usulan perbaikan, sudah 100% pekerjaan sudah dilakukan. Dengan memodelkan fase pekerjaan *Pra-Commissioning Test* dan fase *Commissioning* yang dikelompokkan menjadi 11 uraian pekerjaan yang efektif dan terstruktur. Total biaya proyek adalah Rp.3.554.611.105,- dalam periode waktu 3 bulan atau 6 minggu. Bobot kerja dan sekaligus biaya terbesar terjadi pada pekerjaan *Block Injector Pump for Additive and Dyes* dan *Injection Pump for Dyes*.

Apabila pekerjaan tidak dapat terlaksana sesuai waktu yang telah ditetapkan maka kita dapat menghitung perkiraan peningkatan biaya akibat pemunduran waktu. Perhitungan biaya tersebut dengan menggunakan Model Sistem Dinamis dengan program komputer POWERSIM menunjukkan bahwa bila terjadi pemunduran waktu kerja selama satu bulan atau selesai dalam bulan ke 4, maka biaya pengeluaran akan bertambah sebesar Rp. 446.219.568,55 (meningkat 13%), pemunduran 2 bulan menghasilkan biaya pengeluaran bertambah sebesar Rp. 952.855.646,87 (meningkat 27%), dan pengunduran 3 bulan menghasilkan biaya pengeluaran bertambah Rp. 1.528.528.763,81 (meningkat 43%).

Saran

Seluruh 11 uraian pekerjaan dilaksanakan pada kondisi cuaca dan ketersediaan alat dan barang yang sudah tersedia sesuai kebutuhan. Namun faktor lainnya seperti cuaca misalnya hujan besar yang dapat berakibat banjir dan ketidaksediaan barang akibat barang di gudang kosong atau terjadi perlambatan pengiriman tentunya akan memperlambat waktu pekerjaan. Disamping itu akan terjadi penambahan biaya pekerjaan. Untuk hal tersebut, maka perlu diperkirakan waktu awal pekerjaan terhadap kondisi cuaca/musim dan perlu alat pelindung berupa tenda penghalang terhadap hujan. Ketersediaan barang di gudang kontraktor harus benar-benar yakin tersedia sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditentukan. Faktor perhitungan biaya pengeluaran apabila kegiatan tidak terlaksana sesuai jadwal dapat dijadikan rekomendasi karena dapat merencanakan strategi penyelesaian proyek lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S., Ahmad K. (2015). Modeling of Municipal Solid Waste Management System Using Powersim Studio—A Case Study. *Journal of Energy Research and Environmental Technology (JERET)*, Vol 2(2), pp.117-122.
- Amiri, A. M. (2019). Improving Professional Practice for Mobile Operators through the Development of a Decision Support Tool for Outsourcing. *International Journal of Simulation--Systems, Science & Technology*, Vol.20 (3), 22.1-22.10.
- Arsyifa, Y. H., Yuniaristanto, Suletra, I. W., Sutopo, W. (2019) . Analysis of Simulation in Supply Chain Management Based on System Dynamics and SCOR Model (a Case Study : Newspaper Industry). *Advances in Intelligent Systems Research* Vol.173, pp. 212-219. doi: 10.2991/icoemis-19.2019.30.
- Dewan Energi Nasional. (2019). *Outlook Energi Indonesia 2019*. Jakarta: Sekretariat Jenderal, Dewan Energi Nasional.
- Fishwick, P. A. (1995). *Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds*. Upper Saddle River, NJ, United States : Prentice-Hall PTR.
- Forrester, J. W. (1992). *Road Maps: A Guide to Learning System Dynamics*. UK: Massachusetts Institute of Technology.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2016*. Jakarta: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Khotimah, B. K. (2011). *Teori Simulasi Dan Pemodelan: Konsep, Aplikasi Dan Terapan*. Ponorogo: Penerbit WADE Group.
- Manbas, A., Lilyana, Oktavian, K. (2018). Decision Support System (DSS) analysis in raw material warehouse using system dynamics model (case study: PT. Modera Furintraco Industri). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 508 (1): 012084, pp.1-11. doi:10.1088/1757-899X/508/1/012084.
- Richardson, G. P. & Pugh III, A. (1981). *Introduction to System Dynamics Modeling*. UK : Pegasus Communications.
- Ristono, A. (2010). *Pemodelan Sistem*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rizkiyah, N. D., & Adawiyah, R. (2020). Analisis biaya pengeluaran produk impor elektronik dari pelabuhan ke gudang importer dengan analisis rantai pasok dan Model Sistem Dinamis menggunakan Powersim. *Operations Excellence*, Vol. 12 (1), 117-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.22441/oe.2020.v12.i1.010>
- Roberts, N., Andersen, D. F., Deal, R. M., Shaffer, W. A. (1994). *Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach*. New York: Productivity Press.
- Setyawan, E. B. & Novitasari, N. (2019). Indonesian High-Speed Railway Optimization Planning for Better Decentralized Supply Chain Implementation to Support e-Logistic Last Miles Distribution. *Journal of Physics: Conference Series* 1381 (2019) 012020, pp:1-6. doi:10.1088/1742-6596/1381/1/012020.
- Sulistyo, S. R., Alfa, B. N., & Subagyo. (2016). Modeling Indonesia's rice supply and demand using system dynamics. *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, pp. 415-419. doi: 10.1109/IEEM.2016.7797908
- Suryani, E. (2006). *Pemodelan dan Simulasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.