JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil
Vol. 6, No. 2, Mei 2023: hlm 191-206

EISSN 2622-545X

IDENTIFIKASI *WASTE* PROYEK INFRASTRUKTUR TRANSMISI LISTRIK DENGAN *VALUE STREAM MAPPING*

Grace Notarica Simamora[1], Mona F Toyfur[2], dan Heni Fitriani[3]

[1]Program Studi Magister Teknik Sipil, Univeritas Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang.
gracenod@gmail.com

[2]Program Studi Magister Teknik Sipil, Univeritas Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang.
monatoyfur@gmail.com

[3]Program Studi Magister Teknik Sipil, Univeritas Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang.
heni.fitriani@unsri.ac.id

Masuk: 06-01-2023, revisi: 12-01-2023, diterima untuk diterbitkan: 23-01-2023

ABSTRACT

Based on the performance report of the Directorate General of Electricity 2020, the percentage of performance achievements in adding electric power transmission is 58,17%. The electricity transmission project itself is a complex project because it consists of many stages of work that are interrelated with each other, spread over many locations and involve many stakeholders. This type of project is generally difficult to control and contributes a lot of activities that should not be needed (waste) which leads to delays in project completion. The purpose of this study is to identify waste based on the concept of lean construction in power transmission projects. The research was conducted in the 500 kV Sumatera Package 3 transmission project and was descriptive qualitative as measured by quantitative methods. The research begins with taking actual data in the field with working papers filled out by each personnel related to the work to be mapped. Existing waste is obtained from mapping carried out using lean construction Value Stream Mapping (VSM) tools. The results show that the largest waste in the Transmission project is waste Waiting with an average of 2,29 and the lowest waste is Inventory with an average of 0,14 with the order of the largest waste to the smallest waste, namely Waiting, Defects, Overprocessing, Motion, Overproduction, Transportation, and Inventory.

Keywords: Waste; Transmission Line; Value Stream Mapping

ABSTRAK

Berdasarkan laporan kinerja Ditjen ketenagalistrikan 2020, persentase capaian kinerja penambahan transmisi tenaga listrik adalah 58,17%. Proyek transmisi listrik sendiri merupakan proyek yang kompleks karena terdiri dari banyak tahapan pekerjaan yang saling berkaitan satu sama lain, terpencar pada banyak lokasi serta melibatkan banyak *stakeholder*. Tipe proyek seperti ini pada umumnya sulit dikontrol dan menyumbangkan banyak aktivitas yang seharusnya tidak diperlukan (*waste*) yang berujung kepada keterlambatan penyelesaian proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) berdasarkan konsep *lean construction* pada proyek transmisi listrik. Penelitian dilakukan di proyek transmisi 500 kV Sumatera Paket 3 dan bersifat deskriptif kualitatif yang diukur dengan metode kuantitatif. Penelitian dimulai dengan pengambilan data aktual di lapangan dengan kertas kerja yang diisi masing-masing personil yang berkaitan dengan pekerjaan yang akan dipetakan. Pemborosan (*waste*) eksisting diperoleh dari pemetaan yang dilakukan dengan *tools lean construction Value Stream Mapping* (VSM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemborosan (*waste*) terbesar pada proyek transmisi adalah *Waiting* dengan rata-rata sebesar 2,29 dan *waste* terrendah adalah *Inventory* dengan rata-rata 0,14 dengan urutan *waste* terbesar ke terkecil yaitu *Waiting, Defects, Overprocessing, Motion, Overproduction, Transportation* dan *Inventory*.

Kata kunci: *Waste*; Transmisi Listrik; *Value Stream Mapping*

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan mencakup pembangunan pembangkit tenaga listrik, transmisi tenaga listrik, distribusi tenaga listrik, gardu induk dan sarana pendukung lainnya (Perpres No 4, 2016). Proyek pembangunan infrastruktur listrik terutama transmisi listrik merupakan proyek yang kompleks karena terdiri dari banyak tahapan pekerjaan yang saling berkaitan satu sama lain. Dengan kompleksnya tahapan pekerjaan pada transmisi listrik tersebut,

proyek dituntut agar tetap dapat selesai dengan waktu yang sudah ditentukan. Penyelesaian proyek transmisi listrik tepat waktu sangat penting karena tanpa transmisi listrik, pembangkit listrik dan sistem distribusi tidak akan efektif (Pall & Bridge, 2019).

Akan tetapi, program pembangunan infrastruktur listrik dari pemerintah seperti program 10.000 MW pada 2006 yang dilanjutkan pada program *fast track* tahap kedua pada 2010 banyak yang belum terselesaikan bahkan mengalami kegagalan (Agus, 2015). Pada 2016 dikonfirmasi terdapat 34 proyek pembangkit listrik mangkrak yang tersebar di daerah terpencil yang sulit dijangkau di Indonesia dimana sebagian besar dari proyek tersebut merupakan bagian dari *Fast Tracking Project* pada kurun waktu 2007 – 2011 (Detikfinance, 2016). Dilanjutkan dengan program pemerintah 35.000 MW pada 2015 selama 5 tahun dengan target selesai pada 2019. Realisasinya pada November 2020 pembangkit yang sudah beroperasi adalah 9.734 MW atau sekitar 27,81% dari program sehingga program 35.000 MW diprediksi akan selesai pada 2030 (Ketenagalistrikan, 2021).

Masalah keterlambatan waktu penyelesaian proyek ini belum dapat diselesaikan mengingat masih banyaknya proyek pembangunan infrastruktur yang belum selesai. Penyebab dari keterlambatan proyek-proyek infrastruktur listrik terutama transmisi listrik ini bervariasi mulai dari permasalahan ruang bebas / *Right of Ways* (ROW), perubahan jalur transmisi, akses ke lokasi, kurangnya komunikasi dan koordinasi tim proyek serta terlambatnya pembayaran (Pall & Bridge, 2019). Penelitian lain menyebutkan bahwa variabel proses perizinan, data survey yang tidak akurat serta kelangkaan bahan baku material merupakan faktor terbesar yang mempengaruhi kinerja waktu pada Proyek Transmisi 500 kV Sumatera melalui pendekatan analisis *Relative Importance Index* (RII) (Robbani & Sandhyavitri, 2019).

Pekerjaan konstruksi pada proyek transmisi merupakan tipe pekerjaan yang tipikal (berulang) dan berada pada 1 jalur yang sudah ditentukan namun pada lokasi yang terpisah antara satu titik dengan titik lainnya. Proyek transmisi juga melibatkan banyak *stakeholder* seperti pemilik proyek (pemilik), konsultan perencana, konsultan pengawas, kontraktor, supplier, subkontraktor, pemerintah, dan masyarakat setempat. Lingkup pekerjaan yang banyak dan berkaitan, pekerjaan yang terpencar pada banyak lokasi serta banyaknya pihak yang terlibat menjadikan proyek transmisi merupakan proyek yang kompleks. Tipe proyek seperti ini pada umumnya sulit dikontrol dan menyumbangkan banyak aktivitas yang seharusnya tidak diperlukan (*waste*) yang berujung kepada keterlambatan penyelesaian proyek.

Pemborosan (*waste*) adalah kegiatan yang menggunakan sumber daya tetapi tidak menghasilkan nilai yang diharapkan (*value*) (Abduh, 2007). Beberapa upaya percepatan telah dilakukan akan tetapi belum diperoleh hasil yang maksimal sehingga diperlukan upaya untuk mengidentifikasi *waste* tersebut. Dengan diketahuinya jenis pemborosan (*waste*) serta faktor-faktor dominan penyebabnya, maka dapat dilakukan tindakan perbaikan dan pengelolaan yang efektif terhadap pemborosan (*waste*) tersebut sehingga target waktu penyelesaian proyek dapat tercapai.

Menurut Abduh (2007) pada penelitiannya mengenai konstruksi ramping, terdapat potensi penerapan prinsip-prinsip *lean* pada dunia konstruksi terutama konstruksi dengan proses operasi dan konstruksi yang berulang. Konsep *Lean Construction* merupakan adaptasi dari konsep *Lean Production* di dunia manufaktur yang dicoba terapkan pada dunia konstruksi dengan prinsip *lean thinking* (Alwi & Hampson, 2002). Proyek transmisi yang kompleks akan disederhanakan dengan mengadopsi prinsip *lean*, dengan terlebih dahulu mengidentifikasi *waste* (non-*value added*) yang telah terjadi.

Terdapat tujuh kategori pemborosan (*waste*) manurut prinsip *lean* yaitu *Overproduction*, *Defect*, *excessive Transportation*, *Waiting*, *unnecessary Inventory*, *unnecessary Motion* dan *inappropriate processing*. Penyebab keterlambatan pada penelitian Pall (2019) dan Robbani (2019) belum terklasifikasi pada *waste* berdasarkan prinsip *lean*, sementara prinsip *lean* seharusnya cocok diterapkan pada proyek transmisi.

Tujuan Penelitian

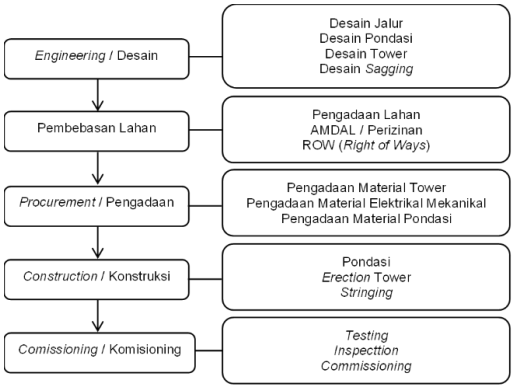
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) berdasarkan konsep *lean construction* dengan menggunakan *tools Value Stream Mapping* pada proyek transmisi listrik. Penelitian dilakukan di proyek transmisi 500 kV Sumatera Paket 3. Konsep *lean construction* ini diharapkan dapat membantu mengidentifikasi jenis pemborosan (*waste*) yang berujung kepada keterlambatan penyelesaian proyek sehingga dapat dilakukan pengelolaan dan perbaikan untuk menyelesaikan proyek dengan baik.

Transmisi Listrik

Menurut Peraturan Presiden No. 4 Tahun 2016, infrastruktur ketenagalistrikan adalah segala hal yang berkaitan dengan pembangkitan tenaga listrik, transmisi tenaga listrik, distribusi tenaga listrik, gardu induk, dan sarana pendukung lainnya. Salah satu infrastruktur ketenagalistrikan adalah transmisi listrik. Konstruksi transmisi listrik terdiri dari beberapa komponen utama yaitu pondasi, tower serta kabel konduktor sebagai sarana untuk mengalirkan listrik. Secara umum, pembangunan transmisi listrik meliputi kegiatan studi kelayakan, persetujuan proyek, proses

 EISSN 2622-545X

tender dan kontrak, pengadaan lahan, desain, pekerjaan pondasi, *erection* tower, instalasi elektrikal dan mekanikal, *commissioning* hingga serah terima (Pall & Bridge, 2016)



Gambar 1. Ruang lingkup pekerjaan pada proyek Transmisi 500 kV Sumatera

Proyek infrastruktur ketenagalistrikan khususnya transmisi merupakan proyek yang rumit karena lingkup pekerjaan yang banyak dan saling berkaitan, lokasi terpencar di sepanjang jalur yang sudah ditentukan dan berada di lokasi yang terpencil, melibatkan banyak pihak serta memiliki toleransi keberterimaan yang rendah terhadap spesifikasi pekerjaannya sehingga memerlukan sistem yang baik untuk memastikan proyek berjalan tepat waktu, efektif, dan efisien. Penjadwalan dan pembiayaan proyek yang tidak sesuai dengan rencana merupakan permasalahan umum yang sering terjadi di sebagian besar proyek infrastruktur ketenagalistrikan. Hal ini menjadikan kriteria utama untuk proyek adalah selesai tepat waktu dan tidak terjadi pemborosan (*waste*).

Pemborosan (*Waste*)

Pemborosan atau yang biasa disebut dengan *waste* adalah kegiatan yang menggunakan sumber daya tetapi tidak menghasilkan nilai yang diharapkan (*value*) (Abduh, 2007). Pemborosan juga dapat diartikan (*waste*) adalah semua kegiatan yang secara langsung atau tidak langsung mengeluarkan biaya, memakan waktu, sumber daya dan memerlukan penyimpanan akan tetapi tidak menambah nilai atau kemajuan produk (Alwi & Hampson, 2002).

Untuk mempermudah identifikasi terhadap jenis pemborosan (*waste*), aktivitas dalam suatu proses dikategorikan menjadi tiga jenis berdasarkan nilai (*value*) yang diberikan sesuai harapan pelanggan (*customer*) (Hines & Taylor, 2000) yaitu:

1. *Value adding activity*: Aktivitas ini memberikan nilai (*value*) tambahan sehingga membuat produk atau jasa menjadi lebih bernilai dan pelanggan bersedia membayarnya
2. Non-*Value adding activity*: Aktivitas ini merupakan aktivitas yang tidak diperlukan dan tidak memberikan nilai (*value*) tambahan apapun sehingga aktivitas ini secara otomatis dikategorikan sebagai pemborosan (*waste*) yang harus dihilangkan
3. Necessary Non-*Value adding activity*: Aktivitas ini merupakan aktivitas yang diperlukan namun tidak memberikan nilai (*value*) tambahan apapun bagi produk sehingga tidak dapat dihilangkan dalam jangka pendek akan tetapi dapat dipertimbangkan untuk perubahan jangka panjang.

Pemborosan (*waste*) dalam Toyota *Production System* (TPS) dikategorikan menjadi 7 (tujuh) yaitu *Overproduction*, *Waiting*, *Transportation*, processing, *Inventory*, *Motion* dan *Defect*s. Pengertian atas masing-masing *waste* tersebut sebagai berikut:

1. *Overproduction* (O1): melakukan produksi lebih banyak dan lebih cepat daripada yang seharusnya. Pada umumnya terjadi karena pekerjaan dilakukan dalam skala besar dan *lead time* yang panjang serta hubungan dengan supplier yang buruk. *Overproduction* ini menyebabkan jumlah persediaan menjadi besar dan akan menjadi sumber masalah besar dalam pekerjaan.
2. *Waiting* (W): Jenis *waste* yang seringkali merusak alur. *Waste* ini terjadi pada saat terdapat kegiatan yang berkaitan tidak tersinkronisasi dengan baik, saat pergantian yang menghabiskan banyak waktu atau saat pekerja menghabiskan waktu mengerjakan pekerjaan ulang atau yang lainnya
3. *Transportation* (T): perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lain. *Waste* ini dapat disebabkan oleh *layout* yang buruk, sistem penanganan material yang panjang dan rumit, banyaknya tempat penyimpanan material dan yang lainnya
4. *Overprocessing* (O2): tidak menambah *value* dari sudut pandang *customer* merupakan pemborosan (*waste*). *Waste* ini terjadi karena prosedur/teknik dan peralatan yang digunakan tidak tepat, toleransi yang diberlakukan terlalu ketat serta terdapatnya aktivitas yang seharusnya tidak perlu dilakukan (tidak menambah *value*).

5. *Inventory* (I): persediaan yang berlebihan. *Waste* Persediaan dapat berupa bahan baku, pekerjaan yang sedang diproses, ataupun produk yang sudah jadi. *Waste Inventory* ini akan menuntun ke *waste* lainnya seperti peningkatan kebutuhan ruang untuk penyimpanan persediaan dan yang lainnya
6. *Motion* (M): pergerakan dari manusia dan peralatan yang seharusnya tidak perlu dilakukan. Pada umumnya *waste* ini disebabkan oleh *layout* yang buruk.
7. *Defects* (D): hasil produksi yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Hal ini menyebabkan pemborosan yaitu pengeluaran kembali biaya dan waktu ekstra

Value Stream Mapping

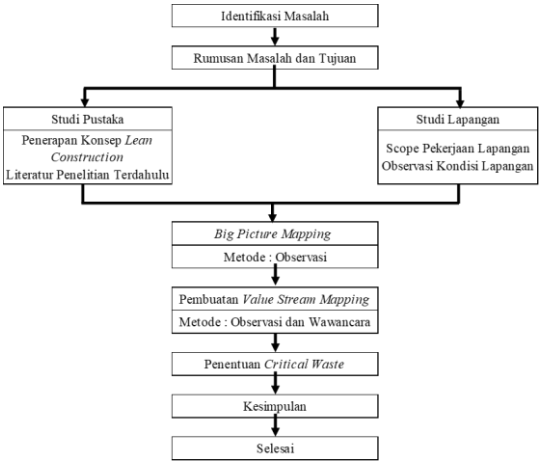
Value Stream Mapping (VSM) merupakan *tools* yang dibuat oleh gerakan *lean* production untuk mendesain ulang sistem yang lebih produktif (Lasa & Laburu, 2008). VSM adalah metode *lean* yang dibuat untuk melakukan analisis kondisi saat ini dan merencanakan suatu kondisi di masa depan dalam sebuah peta aliran dari awal dibuatnya suatu produk hingga sampai ke pelanggan (*customer*). VSM merupakan teknik yang dapat mengidentifikasi seluruh aktivitas yang tidak mempunyai nilai tambah (non-*value adding activity*) mulai material baku dari *supplier*, proses produksi, hingga menjadi produk dan dikirim ke pelanggan (*customer*) (Jasti & Sharma, 2014).

Konsep *lean* pada awalnya diperkenalkan oleh Taiichi Ohno melalui Toyota *Production System* (Liker & Meier, 2006) yang bertujuan mengeliminasi aktivitas atau kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah pada proses produksi. *Lean* adalah suatu upaya berkesinambungan untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) dari suatu produk (barang / jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*) (Gaspersz, 2007). Sasaran dari konsep *Lean* menurut Gaspersz (2007) adalah menciptakan aliran yang lancar dari suatu produk sepanjang proses *value stream* (*value stream process*) dan menghilangkan semua jenis pemborosan (*waste*) yang ada. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inti dari konsep *lean* adalah meningkatkan nilai (*value*) produksi dengan menghilangkan atau mengeliminasi pemborosan (*waste*).

VSM akan sangat membantu untuk memvisualisasikan alur proses, mengidentifikasi letak pemborosan (*waste*), menyatukan prinsip-prinsip *lean*, memutuskan *key person* pada setiap proses dan menunjukkan alur informasi dan aktivitas, menunjukkan hubungan antara informasi dan arus fisik, serta memperoleh dukungan dari tim senior. Pembuatan VSM diidentifikasi menjadi 5 fase penting sebagai berikut (Hines & Taylor, 2000):
1. *Customer Requirements* (Kebutuhan pelanggan)
2. *Informations Flow* (Aliran Informasi)
3. *Physical Flow* (Aliran Fisik)
4. *Linking Physical Flow* and *Informations Flow* (Menghubungkan Aliran Informasi dan Fisik)
5. *Complete Map* (Melengkapi Peta)

2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan. Pertama, dilakukan identifikasi kondisi proyek saat ini untuk mengetahui data aktivitas yang akan diteliti (*input* dan *output* produksi, jarak dan waktu proses, data aliran informasi dan aliran fisik aktivitas). Identifikasi kondisi proyek dilakukan observasi yaitu wawancara dan menyebarkan kertas kerja sesuai dengan pekerjaan yang akan dipetakan. Kertas kerja berisi tahapan pekerjaan, durasi pekerjaan serta permasalahan yang dialami di lapangan dan diisi oleh masing-masing penanggung jawab pekerjaan tersebut.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Selanjutnya dibuatkan *Value Stream Mapping* (VSM) untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) yang terdapat pada proyek dengan konsep 7 *waste lean construction* yaitu *Overproduction*, *Waiting*, *Transportation*, *processing*, *Inventory*, *Motion* dan *Defects.* Tahapan terakhir adalah penentuan *critical waste* dengan melakukan skoring terhadap *waste* yang teridentifikasi pada VSM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Big Picture Mapping

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil studi kasus pada proyek Transmisi 500 kV Sumatera Paket 3 yang berada di Provinsi Jambi dan Sumatera Selatan. Lingkup pekerjaan pada kontrak Transmisi 500 kV Sumatera secara garis besar meliputi kegiatan *engineering* (desain jalur, tower dan pondasi), perizinan dan pembebasan lahan dan ROW, pengadaan material (tower, mekanikal dan elektrikal), konstruksi (pondasi, *erection* dan *stringing*) serta *comissioning*.

Proyek Transmisi 500 kV Paket 3 Sumatera telah berjalan selama 25 bulan (70%) dengan progress rencana 97,66% sementara *progress* realisasi adalah 40,23% sehingga terdapat keterlambatan sekitar 57,43%.

Tabel 1. *Progress* Proyek Transmisi 500 kV Sumatera Paket 3

Pekerjaan	s.d Jan 2022		
	Rencana	Realisasi	Deviasi
Survey	0,15%	0,15%	0,00%
Soil Investigation	0,13%	0,13%	-0,01%
Material Tower	27,96%	10,42%	-17,54%
Material Mekanikal&Elektrikal (ME)	34,3%	19,81%	-14,92%
Pondasi	14,41%	3,99%	-10,43%
Erection	3,53%	0,74%	-2,79%
Stringing	1,29%	0,00%	-1,29%
Testing	0,02%	0,00%	-0,02%
Amdal & Perizinan	1,29%	0,56%	-0,74%
Lahan & ROW	14,15%	4,44%	-9,71%
TOTAL	**97,66%**	**40,23%**	**-57,43%**

Sebelum membuatkan *Value Stream Mapping*, dilakukan analisis perbandingan durasi waktu realisasi item-item pekerjaan terhadap durasi yang sudah direncanakan. Selanjutnya item-item pekerjaan dengan deviasi terbesar akan menjadi fokus untuk dibuatkan *Value Stream Mapping* (VSM) lebih rinci untuk mengidentifikasi *waste*. Data rencana (*schedule)* awal menggunakan kurva-s dan jadwal proyek yang telah disetujui pemilik kerja yaitu PT. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN) sementara data realisasi waktu pekerjaan diperoleh dari observasi dan wawancara serta data realisasi *progress* pekerjaan Proyek Transmisi 500 kV Sumatera.

Pekerjaan yang dibuatkan VSM adalah pekerjaan dengan kategori sebagai berikut:
1. Pekerjaan sedang berlangsung (*on going*) yaitu nilai *progress* realisasi > 0% dan < 100%
2. Pekerjaan selesai (*finish*) yaitu nilai *progress* realisasi = 100% dan durasi keterlambatan >100%

Tabel 2. Rencana dan Realisasi Durasi Pekerjaan

Tahapan Pekerjaan	Durasi (hari)		Progress (%)		VSM
	Rencana	Realisasi	Rencana	Realisasi	
Desain jalur	120	379	100%	100%	√
Perizinan	210	330	100%	100%	X
Desain Pondasi	126	703	100%	89%	√
Pembebasan lahan	200	703	100%	47%	√
Kompensasi ROW	270	703	100%	0%	X
Pengadaan Material					
Tower	450	689	100%	43%	√
Mekanikal & Elektrikal	478	384	100%	62%	√
Konstruksi Pondasi	490	608	100%	23%	√
Erection Tower	610	518	85%	16%	√
Stringing	640	0	67%	0%	X
Commissioning	120	0	0%	0%	X

Dari analisis deviasi durasi realisasi terhadap durasi rencana, maka diperoleh item pekerjaan yang akan dibuatkan *Value Stream Mapping* adalah:
1. *Engineering* / Desain (Jalur dan pondasi)
2. Pembebasan Lahan

3. Pengadaan Material (Tower, Mekanikal & Elektrikal)
4. Konstruksi (Pondasi dan *Erection*)

Value Stream Mapping

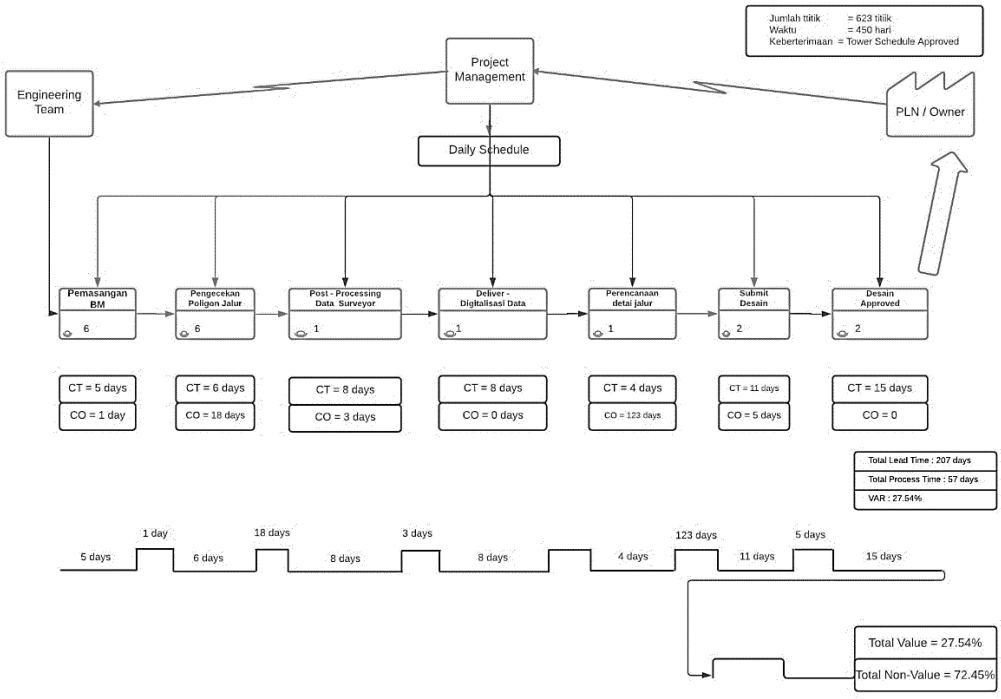
Current Value Stream Mapping dibuat dengan mengambil *sampling* dari pekerjaan yang sudah selesai dengan cara menyebarkan kertas kerja untuk diisi oleh masing-masing penanggung jawab pekerjaan yang berkaitan. Kertas kerja berisi lokasi yang akan dikerjakan, tanggal mulai dan selesai setiap tahap pekerjaan serta kendala yang dihadapi dalam pelaksanaan pekerjaan.

a. Desain Jalur

Tahapan paling awal dari proyek transmisi adalah desain jalur transmisi. Kontraktor akan menerima data survey atau *tower schedule* awal dari pemilik yang kemudian perlu dicek dan dipastikan ulang jalurnya di lapangan. Kontraktor/tim proyek selanjutnya berkoordinasi dengan tim *engineering* dan masyarakat lokal untuk pengecekan jalur di lapangan. Produk akhir dari tahapan desain jalur ini adalah *tower schedule* yang sudah lengkap dan sesuai dengan kondisi lapangan serta disetujui oleh bagian perencanaan *pemilik* PT. PLN.

Tabel 3. Material *Flow* Desain Jalur T448 – T458

Material Flow **T448 - T458 (Jalur)**	***Start***	***Finish***	***Man Power***
Penetapan jalur awal (oleh *pemilik*)	30-Dec-19	30-Dec-19	
Proses pemasangan *Bench Mark* (BM)	03-May-20	07-May-20	6
Cek Poligon	09-May-20	14-May-20	6
Post-Processing data oleh *surveyor/drone*	02-Jun-20	09-Jun-20	1
Deliver dan Pengolahan data S*urvey* ke Bagian *Engineering*	13-Jun-20	20-Jun-20	1
Perencanaan detail jalur transmisi (*long profil, Clearence,* ROW, Basis tower)	21-Jun-20	24-Jun-20	1
Approval PLN	26-Oct-20	05-Nov-20	2
Tower Schedule approved	11-Nov-20	25-Nov-20	2



Gambar 3. *Value Stream Mapping* Desain Jalur

Dari keseluruhan *stream* yang digambarkan diperoleh total *lead time* sebesar 207 hari dan total *process time* sebesar 57 hari atau sebesar 27,54%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat *idle time* sebesar 150 hari atau sebesar 72,45%. *Current Value Stream Mapping* yang dibuatkan adalah *sampling* untuk *section* T448 - T458. Dari gambar dapat dilihat bahwa Non *Value adding activity* hanya 72,46% dari total *cycle* pekerjaan. Hal ini disebabkan oleh:

1. Permasalahan sosial dengan penduduk lokal yang menghalangi masuk ke lokasi (*Waiting*)

 EISSN 2622-545X

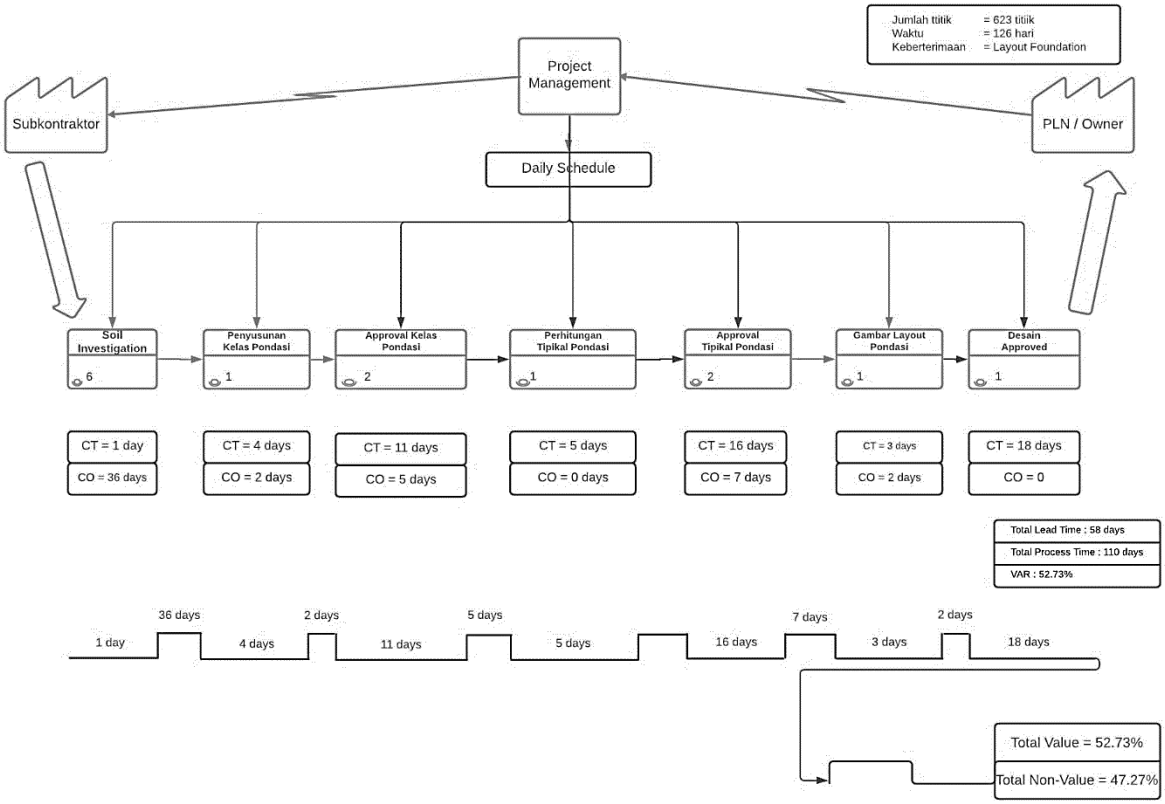
2. Menunggu desain *section* lain agar sekalian diajukan (*Waiting*)
3. Revisi desain dari tim perencanaan PT. PLN (*Defect)*

b. Desain Pondasi

Kontraktor/tim proyek selanjutnya melakukan desain pondasi yang terbagi menjadi 2 desain yaitu desain tipikal kelas pondasi dan penentuan tipikal pondasi setiap titik. Kontraktor berkoordinasi dengan subkontraktor sondir dan masyarakat lokal untuk penyelidikan kondisi tanah di lapangan. Produk akhir dari tahapan desain jalur ini adalah gambar *layout* pondasi yang sudah lengkap dan dan disetujui oleh bagian perencanaan PT. PLN.

Tabel 4. *Material Flow* Desain Pondasi T001A

Material Flow **T001A (Desain Pondasi)**	***Start***	***Finish***	***Man Power***
Soil Investigation	20-Dec-20	20-Dec-20	6
Penentuan Kelas Pondasi	26-Jan-21	27-Jan-21	6
Penyusunan *Foundation Schedule*	29-Jan-21	30-Jan-21	1
Approval PLN	01-Feb-21	11-Feb-21	2
Perhitungan Pondasi Dangkal/Dalam	17-Feb-21	21-Feb-21	1
Approval PLN	22-Feb-21	09-Mar-21	2
Gambar Tipikal dan *Layout* Pondasi	17-Mar-21	19-Mar-21	1
Approval PLN	22-Mar-21	08-Apr-21	2



Gambar 4. *Value Stream Mapping* Desain Pondasi

Dari keseluruhan *stream* yang digambarkan diperoleh total *lead time* sebesar 110 hari dan total *process time* sebesar 58 hari atau sebesar 52,73%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat *idle time* sebesar 52 hari atau sebesar 47,27%. *Current Value Stream Mapping* yang dibuatkan adalah *sampling* untuk T001A. Dari gambar dapat dilihat bahwa Non *Value adding activity* adalah 47,27% dari total *cycle* pekerjaan. Hal ini disebabkan oleh:

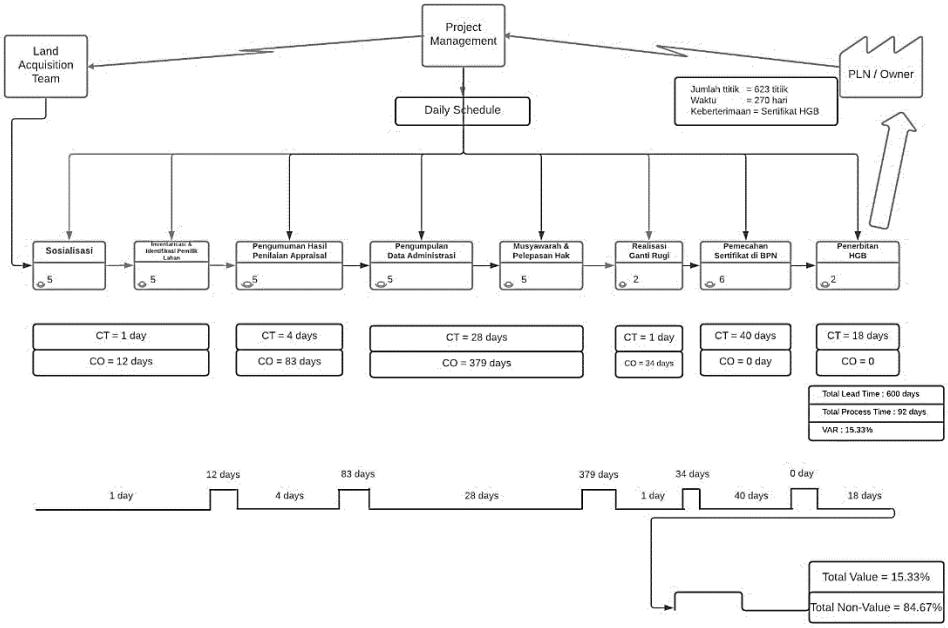
1. Menunggu hasil penyelidikan tanah titik lain dari subkontraktor (*Waiting*)
2. Menunggu desain titik lain agar sekalian diajukan (*Waiting*)
3. Revisi desain dari tim perencanaan PT. PLN (*Defect)*

c. Pembebasan Lahan

Kontraktor/tim proyek melakukan pembebasan lahan / tapak tower berdasarkan koordinat pada *tower schedule approved*. Kontraktor berkoordinasi dengan perangkat desa dan masyarakat lokal pemilik lahan serta badan pemerintah untuk menghasilkan produk akhir sesuai harapan PT. PLN . Produk akhir dari tahap pembebasan lahan ini adalah sertifikat Hak Guna Bangunan (HGB) atas nama PT. PLN (Persero).

Tabel 5. *Material Flow* Pembebasan Lahan

Material Flow **Pembebasan Lahan T374**	***Start***	***Finish***	***Man Power***
Sosialisasi Rencana Pembangunan Pembebasan lahan Tapak Tower	28-Jul-20	28-Jul-20	4
Inventarisasi dan Identifikasi Pemilik Lahan	28-Jul-20	28-Jul-20	4
Pengumuman Hasil Penilaian Appraisal	10-Aug-20	13-Aug-20	4
Pengumpulan Data Administrasi Pemilik Lahan	05-Nov-20	02-Dec-20	4
Musyawarah Penetapan Besaran ganti kerugian maksimum 3 kali	02-Dec-20	02-Dec-20	4
Penandatanganan Administrasi Kesepakatan Pelepasan Lahan	02-Dec-20	02-Dec-20	4
Pentransferan Ganti Kerugian ke rekening sesuai nama pemilik alas hak	17-Dec-21	17-Dec-21	2
Proses Pengukuran sampai dengan pemecahan objek pengadaan tanah di BPN	21-Jan-22	01-Mar-22	6
Penerbitan Surat HGB atas nama PT. PLN (Persero)	02-Mar-22	19-Mar-22	2



Gambar 5. *Value Stream Mapping* Pembebasan Lahan

Dari keseluruhan *stream* yang digambarkan diperoleh total *lead time* sebesar 600 hari dan total *process time* sebesar 92 hari atau sebesar 15,33%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat *idle time* sebesar 508 hari atau sebesar 84,67%. *Current Value Stream Mapping* yang dibuatkan adalah *sampling* untuk T374. Dari gambar dapat dilihat bahwa Non *Value adding activity* adalah 84,67% dari total *cycle* pekerjaan. Hal ini disebabkan oleh:

1. Warga menolak dilakukannya pembebasan lahan (*Waiting*)
2. Sertifikat milik masyarakat belum lengkap sehingga perlu dibantu untuk melengkapi kebutuhan pembebasan lahan (*Motion*)
3. Menunggu ketersediaan dana untuk melakukan realisasi pembayaran ganti rugi ke pemilik lahan (*Waiting*)
4. Tim BPN melakukan pengukuran ulang terhadap lahan yang sudah diukur sebelumnya saat pembebasan lahan (*Overprocessing*)
5. Menunggu tim BPN turun untuk melakukan penerbitan Setifikat HGB atasn nama PLN (*Waiting*)
6. Terlalu banyaknya lahan yang dibebaskan di awal sementara masih menunggu realisasi pembayaran menyebabkan masalah sosial (*Overproduction*)

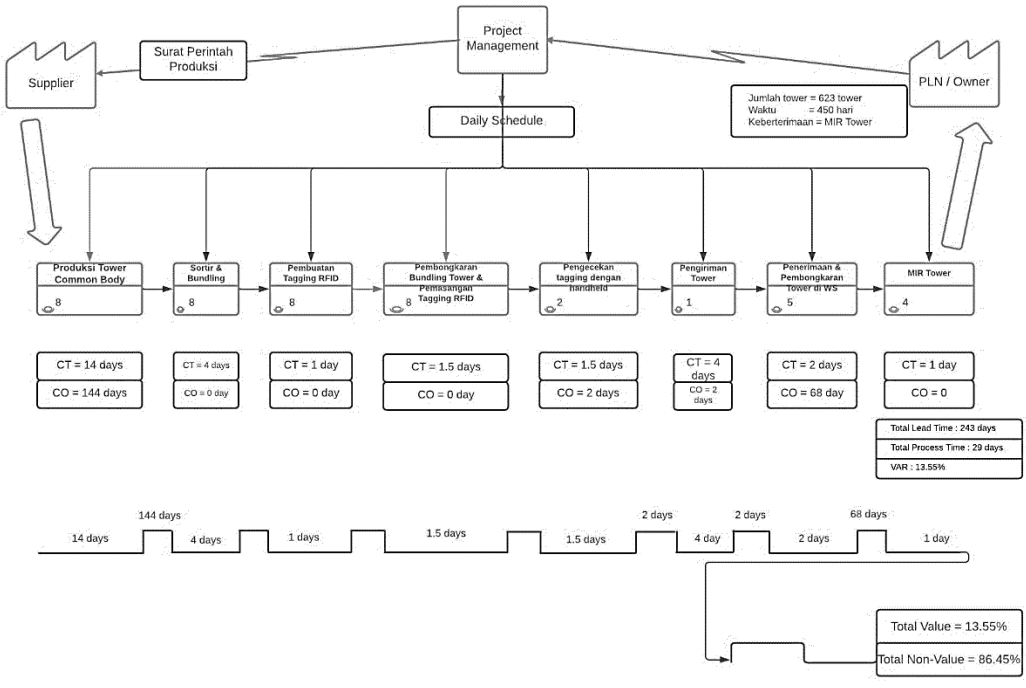
 EISSN 2622-545X

d. Pengadaan Material Tower

Kontraktor/tim proyek mengadakan material tower sesuai dengan tipe tower pada *tower schedule approved*. Kontraktor akan berkoordinasi dengan supplier material tower yang melakukan produksi dan pengiriman material tower hingga ke gudang kontraktor. Hasil akhir yang diharapkan pada tahapan ini adalah *Material Inspection Report* (MIR) dari tower tersebut.

Tabel 6. *Material Flow* Pengadaan Material Tower

Material Flow **Pengadaan Material Tower T191**	***Start***	***Finish***	***Man Power***
Proses kontrak supplier			
Pengumuman Tender	13-Dec-19	13-Dec-19	
Penawaran supplier	16-Dec-19	16-Dec-19	
Negosiasi	06-Jan-20	06-Jan-20	
Pengumuman pemenang	06-Jan-20	06-Jan-20	
Kontrak Supplier	06-Jan-20	06-Jan-20	
Surat Perintah Produksi			
Stub	27-Mar-20	27-Mar-20	
Common Body	16-Jul-20	16-Jul-20	
Leg Extension	16-Jul-20	16-Jul-20	
Produksi Tower	01-Aug-20	28-Dec-20	20
Sortir Material Tower (Material Tower *ready* di pabrikan sudah dalam *bundling* dalam 1 kamar)	06-Jan-21	09-Jan-21	8
Pembuatan *Tagging* RFID / *Laminating*	10-Jan-21	10-Jan-21	8
Pembongkaran *bundling* tower	11-Jan-21	12-Jan-21	8
Pemasangan *Tagging* RFID sesuai *marking*	11-Jan-21	12-Jan-21	8
Pengecekan *Tagging* menggunakan *handheld*	12-Jan-21	13-Jan-21	2
Pengiriman material tower dengan *tagging* RFID dari pabrikan	16-Jan-21	20-Jan-21	1
Penerimaan/pembongkaran material tower dengan *tagging* RFID di Gudang *site* (*Setting* Kamar)	20-Jan-21	21-Jan-21	5
Material Inspection with PLN	31-Mar-21	31-Mar-21	4



Gambar 6. *Value Stream Mapping* Pengadaan Material Tower

Dari keseluruhan *stream* yang digambarkan diperoleh total *lead time* sebesar 243 hari dan total *process time* sebesar 29 hari atau sebesar 13,55%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat *idle time* sebesar 214 hari atau sebesar 86,45%. *Current Value Stream Mapping* yang dibuatkan adalah *sampling* untuk T191. Dari gambar dapat dilihat bahwa Non *Value adding activity* adalah 84,45% dari total *cycle* pekerjaan. Hal ini disebabkan oleh:

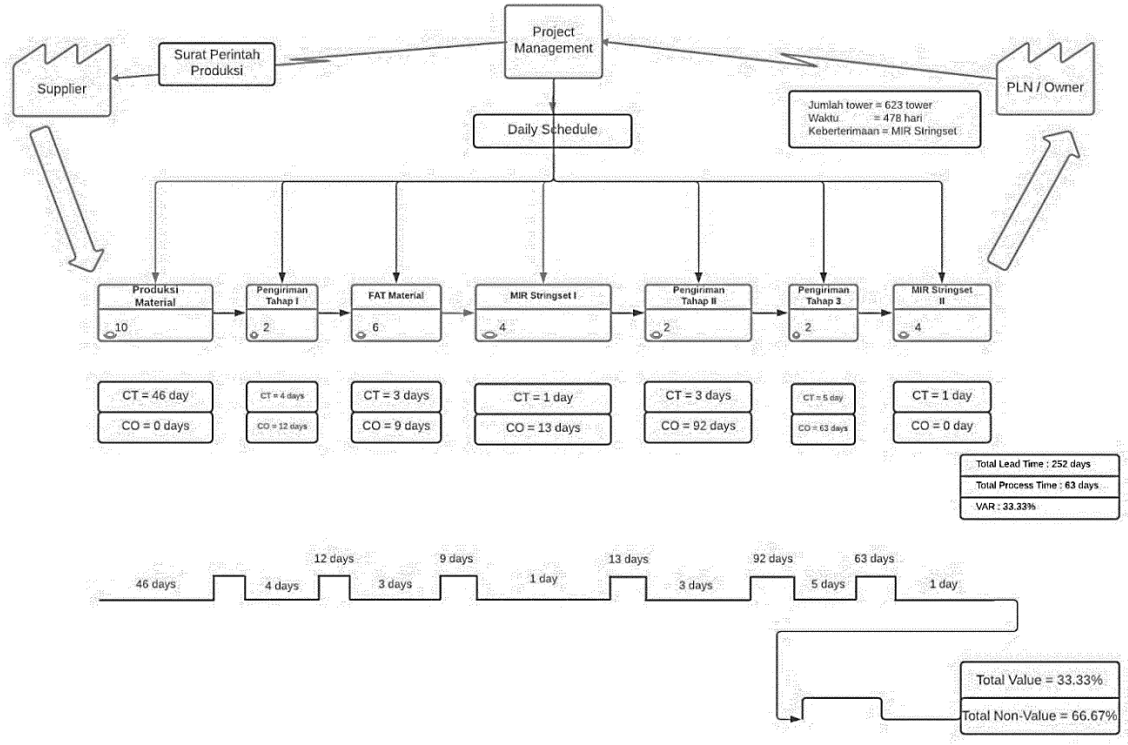
1. Supplier kekurangan *raw* material untuk produksi tower (*Waiting*)
2. Material sudah di-*bundling* kemudian dibongkar ulang pada saat akan memasang *tagging* RFID (*Overprocessing*)
3. *Tagging* RFID rusak (*Defect*)
4. Adanya kekurangan material pada saat pemasangan *tagging* RFID (*Defect*)
5. *Handheld* / *gate* RFID *error* (*Waiting*)
6. Belum adanya mesin galvanis pabrikan sehingga material *double handling* ke lokasi galvanis (*Motion*)

e. Pengadaan Material Elektrikal & Mekanikal

Kontraktor/tim proyek mengadakan material mekanikal dan eletrikal sesuai dengan *list material approved*. Kontraktor akan berkoordinasi dengan *supplier* material tower yang melakukan produksi dan pengiriman material mekanikal dan elektrikal hingga ke gudang kontraktor. Hasil akhir yang diharapkan pada tahapan ini adalah *Material Inspection Report* (MIR) dari material tersebut.

Tabel 7. *Material Flow* Pengadaan Material *Stringset*

Material Flow **Pengadaan Material Stringset**	***Start***	***Finish***	***Man Power***
Penawaran *supplier*	05-Dec-19		
Negosiasi	11-Sep-20		
Pengumuman pemenang	24-Sep-20		
Kontrak *Supplier*	24-Sep-20	24-Sep-20	
Produksi Material	24-Sep-20	08-Nov-20	10
Pengiriman Material I	09-Nov-20	12-Nov-20	2
FAT Material	25-Nov-20	27-Nov-20	6
Material Inspection with PLN	07-Dec-20	07-Dec-20	4
Pengiriman Material II	21-Dec-20	23-Dec-20	2
Pengiriman Material III	26-Mar-21	30-Mar-21	2
Material Inspection with PLN	02-Jun-21	02-Jun-21	4



Gambar 7. *Value Stream Mapping* Pengadaan Material *Stringset*

Dari keseluruhan *stream* yang digambarkan diperoleh total *lead time* sebesar 252 hari dan total *process time* sebesar 63 hari atau sebesar 33,33%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat *idle time* sebesar 189 hari atau sebesar 66,67%. *Current Value Stream Mapping* yang dibuatkan adalah pengadaan material *stringset* dari PT. Iradat. Dari gambar dapat dilihat bahwa Non *Value adding activity* adalah 66,67% dari total *cycle* pekerjaan. Hal ini disebabkan oleh:

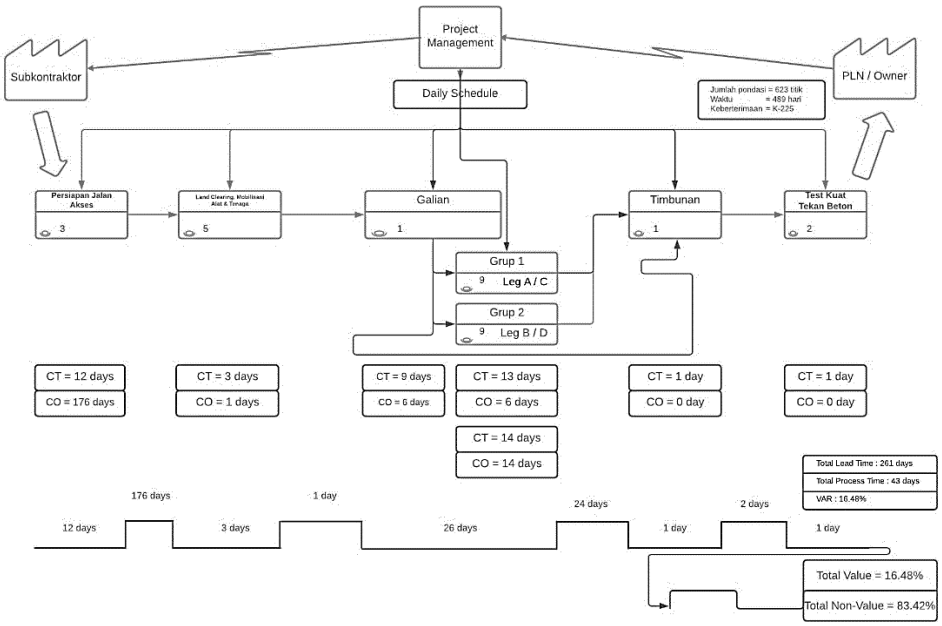
1. Supplier menunggu realisasi pembayaran untuk melakukan pengiriman tahap selanjutnya (*Waiting*)

f. Konstruksi Pondasi

Kontraktor/tim proyek mengerjakan konstruksi pondasi setelah lahan bebas dan desain pondasi *approved*. Kontraktor akan berkoordinasi dengan subkontraktor/mandor borong untuk mengerjakan pondasi dan hasil akhir yang diharapkan pada tahapan ini adalah pondasi *finish* dan laporan uji tekan beton K-225 sesuai dengan spesifikasi teknis kontrak.

Tabel 8. *Material Flow* Konstruksi Pondasi

Material Flow Pekerjaan Pondasi T075	**Start**	**Finish**	**Man Power**
Persiapan Jalan Akses	28-Mar-21	17-Sep-21	3
Inventaris – Berkas	28-Mar-21	31-Mar-21	
Pembayaran	17-Sep-21	17-Sep-21	
Pembukaan Jalan Akses	22-Sep-21	28-Sep-21	
Land Clearing & Mobilisasi	02-Oct-21	05-Oct-21	5
Mobilisasi tenaga kerja	02-Oct-21	03-Oct-21	
Land Clearing	05-Oct-21	05-Oct-21	
GALIAN	05-Oct-21	19-Oct-21	1
Leg A	05-Oct-21	06-Oct-21	
Leg B	08-Oct-21	09-Oct-21	
Leg C	14-Oct-21	16-Oct-21	
Leg D	18-Oct-21	19-Oct-21	
GRUP 1	**08-Oct-21**	**26-Oct-21**	9
Pondasi Leg A	08-Oct-21	15-Oct-21	
Urugan Pasir	08-Oct-21	08-Oct-21	
Lantai kerja	08-Oct-21	08-Oct-21	
Pembesian *Pad* bawah & beton Umpak	09-Oct-21	10-Oct-21	
Setting Stub	11-Oct-21	11-Oct-21	
Pembesian *Pad* atas & *Chimney*, Bekisting *Pad*	12-Oct-21	12-Oct-21	
Pengecoran *Pad*	13-Oct-21	13-Oct-21	
Bekisting *Chimney*	15-Oct-21	15-Oct-21	
Pengecoran *Chimney*	15-Oct-21	15-Oct-21	
Pondasi Leg C	18-Oct-21	26-Oct-21	
Urugan Pasir	18-Oct-21	18-Oct-21	
Lantai kerja	18-Oct-21	18-Oct-21	
Pembesian *Pad* bawah & beton Umpak	19-Oct-21	19-Oct-21	
Setting Stub	20-Oct-21	20-Oct-21	
Pembesian *Pad* atas & *Chimney*, Bekisting *Pad*	21-Oct-21	21-Oct-21	
Pengecoran *Pad*	25-Oct-21	25-Oct-21	
Bekisting *Chimney*	26-Oct-21	26-Oct-21	
Pengecoran *Chimney*	26-Oct-21	26-Oct-21	
GRUP 2	**11-Oct-21**	**30-Oct-21**	9
Pondasi Leg C	11-Oct-21	19-Oct-21	
Urugan Pasir	11-Oct-21	11-Oct-21	
Lantai kerja	11-Oct-21	11-Oct-21	
Pembesian *Pad* bawah & beton Umpak	12-Oct-21	13-Oct-21	
Setting Stub	14-Oct-21	14-Oct-21	
Pembesian *Pad* atas & *Chimney*, Bekisting *Pad*	14-Oct-21	15-Oct-21	
Pengecoran *Pad*	16-Oct-21	16-Oct-21	
Bekisting *Chimney*	19-Oct-21	19-Oct-21	
Pengecoran *Chimney*	19-Oct-21	19-Oct-21	
Pondasi Leg D	20-Oct-21	30-Oct-21	
Urugan Pasir	20-Oct-21	20-Oct-21	
Lantai kerja	20-Oct-21	20-Oct-21	
Pembesian *Pad* bawah & beton Umpak	21-Oct-21	21-Oct-21	
Setting Stub	22-Oct-21	22-Oct-21	
Pembesian *Pad* atas & *Chimney*, Bekisting *Pad*	23-Oct-21	24-Oct-21	
Pengecoran *Pad*	29-Oct-21	29-Oct-21	
Bekisting *Chimney*	30-Oct-21	30-Oct-21	
Pengecoran *Chimney*	30-Oct-21	30-Oct-21	
Timbunan Kembali	24-Nov-21	24-Nov-21	1
Test Kuat Tekan Beton	27-Nov-21	27-Nov-21	2



Gambar 8. *Value Stream Mapping* Konstruksi Pondasi

Dari keseluruhan *stream* yang digambarkan diperoleh total *lead time* sebesar 261 hari dan total *process time* sebesar 43 hari atau sebesar 16,48%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat *idle time* sebesar 218 hari atau sebesar 83,52%. *Current Value Stream Mapping* yang dibuatkan adalah *sampling* untuk pondasi T075. Dari gambar dapat dilihat bahwa Non *Value adding activity* adalah 83,52% dari total *cycle* pekerjaan. Hal ini disebabkan oleh:

1. Menunggu ketersediaan dana untuk pembayaran ganti rugi jalan akses (*Waiting*)
2. Material besi berkarat karena terlalu lama menjadi stok (*Defect*)
3. Keterlambatan pengiriman material cor (*Waiting*)
4. Kesulitan lansir material akibat akses jalan yang buruk (*Transportation*)
5. Excavator rusak dan berbagi dengan lokasi lain (*Waiting*)
6. Kesulitan penempatan material dan material gali akibat terbatasnya lokasi pekerjaan sehingga pengerjaan pondasi per 2 kaki (*Motion*)
7. Pengecekan berulang *back to back stub* (*Overprocessing*)
8. Pemasangan *counterpoise grounding* akibat pengukuran *grounding* yang tidak memenuhi syarat (*Defect*)
9. Terlalu banyak material besi yang dijadikan stok (*Inventory*)
10. Pabrikasi besi terlalu dini sehingga terdapat material besi terfabrikasi yang tidak dapat dipakai karena adanya perubahan desain (*Overproduction*)

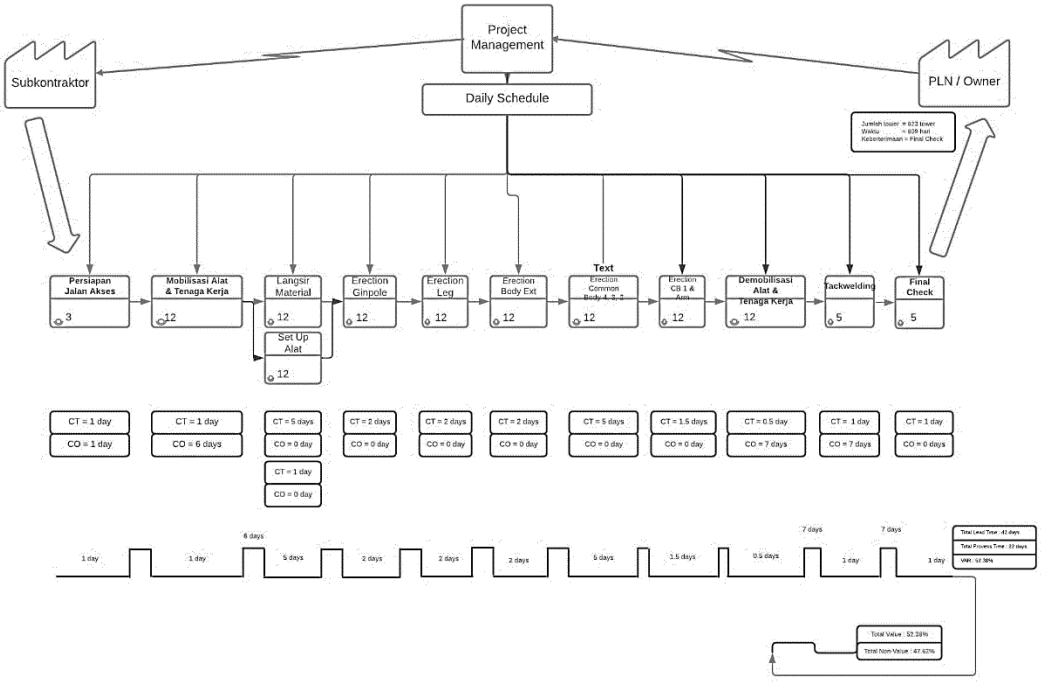
g. *Erection* Tower

Kontraktor/tim proyek mengerjakan *erection tower* setelah pondasi *finish*, desain tower *approved* dan material tower sudah tersedia. Kontraktor akan berkoordinasi dengan subkontraktor/mandor borong untuk mengerjakan *erection* tower dan hasil akhir yang diharapkan pada tahapan ini adalah *erection tower finish* dan dilakukan *final check* dengan PLN sesuai dengan spesifikasi teknis kontrak.

 EISSN 2622-545X

Tabel 9. *Material Flow* Erection Tower

***Material Flow Erection* Tower T074**	***Start***	***Finish***	***Man Power***
Persiapan jalan Akses	22-Dec-21	22-Dec-21	3
Mobilisasi tenaga kerja & alat	23-Dec-21	23-Dec-21	12
Langsir Material	30-Dec-21	03-Jan-22	12
Set up mesin winch	30-Dec-21	30-Dec-21	12
Erection Ginpole	04-Jan-22	05-Jan-22	12
Erection Leg	06-Jan-22	07-Jan-22	12
Erection Body Extension	08-Jan-22	09-Jan-22	12
Erection Common Body 4	10-Jan-22	11-Jan-22	12
Erection Common Body 3	12-Jan-22	13-Jan-22	12
Erection Common Body 2	14-Jan-22	14-Jan-22	12
Erection Common Body 1	15-Jan-22	16-Jan-22	12
Erection Earthing Arm	15-Jan-22	16-Jan-22	12
Erection Top Arm	15-Jan-22	16-Jan-22	12
Erection Middle Arm	15-Jan-22	16-Jan-22	12
Erection Bottom Arm	15-Jan-22	16-Jan-22	12
Tool and Manpower Mobilization	15-Jan-22	16-Jan-22	12
Tackwelding	24-Jan-22	24-Jan-22	5
Final Check	01-Feb-22	01-Feb-22	5



Gambar 9. *Value Stream Mapping Erection Tower*

Dari keseluruhan *stream* yang digambarkan diperoleh total *lead time* sebesar 42 hari dan total *process time* sebesar 22 hari atau sebesar 52,38%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat *idle time* sebesar 218 hari atau sebesar 47,62%. *Current Value Stream Mapping* yang dibuatkan adalah *sampling* untuk tower T074. Dari gambar dapat dilihat bahwa Non *Value adding activity* adalah 47,62% dari total *cycle* pekerjaan. Hal ini disebabkan oleh:

1. *Standby* pekerja akibat lokasi banjir (*Waiting*)
2. Kesulitan lansir material akibat akses jalan yang buruk (*Transportation*)
3. Keterlambatan langsir material akibat jalan akses rusak (*Waiting*)
4. *Double handling* material akibat jalan akses rusak (*Overprocessing*)
5. Adanya revisi tower mata gareng (*Defect*)
6. Kekurangan material baut tower (*Waiting*)

Identifikasi *Waste*

Waste didefinisikan sebagai semua aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*value adding*) yang terdapat pada *value stream* dari proses awal hingga akhir yang menghasilkan output sesuai harapan pemilik. Dalam penelitian ini *waste* diidentifikasi pada proyek transmisi yang dirincikan pada setiap tahapan pekerjaannya. Data tersebut diperoleh dari hasil observasi dan kertas kerja yang dibagikan kepada masing-masing *end user* (penanggung jawab) pekerjaan tersebut.

Untuk jumlah skor *waste* keseluruhan diperoleh dari sebagai berikut:

Tabel 10. *Waste* pada Proyek Transmisi

No	Pekerjaan	O1	W	T	O2	I	M	D
1	Desain jalur		2					1
2	Desain pondasi		2					1
3	Pembebasan Lahan	1	3		1		1	
4	Pengadaan Material Tower		2		1		1	1
5	Pengadaan Material Stringset		1					
6	Konstruksi Pondasi	1	3	1	1	1	1	2
7	*Erection* Tower		3	1	1			1
	TOTAL	**2**	**16**	**2**	**4**	**1**	**3**	**6**

Tabel 11. Skor *Waste* pada Pekerjaan Transmisi

No	Jenis *Waste*	Jumlah *Waste*	Perhitungan rata-rata	Rata-rata	Ranking
1	*Overproduction* (O1)	2	2/7	0.29	5
2	*Waiting* (W)	16	16/7	2.29	1
3	*Transportation* (T)	2	2/7	0.29	6
4	*Overprocessing* (O2)	4	4/7	0.57	3
5	*Inventory* (I)	1	1/7	0.14	7
6	*Motion* (M)	3	3/7	0.43	4
7	*Defects* (D)	6	6/7	0.86	2

Berdasarkan hasil rata-rata tipe *waste* tersebut di atas, hasil rata-rata tertinggi adalah *waste Waiting* dengan rata-rata sebesar 2,29 dan *waste* terendah adalah *Inventory* dengan rata-rata 0,14 dengan urutan sebagai berikut:

1. *Waiting*
2. *Defect*s
3. *Overprocessing*
4. *Motion*
5. *Overproduction*
6. *Transportation*
7. *Inventory*

4. KESIMPULAN

Waste merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (non-*value adding*) pada *Value Stream Mapping* pekerjaan. Aktivitas non *value adding* pada proyek transmisi yang dipetakan pada *value stream mapping* tergolong tinggi dengan rata- rata > 50% dari keseluruhan aktivitas per pekerjaan yaitu desain jalur (72,46%), desain pondasi (52,73%), pembebasan lahan (84,67%), pengadaan material tower (85,45%), pengadaan material stringset (66,67%), konstruksi pondasi (83,52%), dan *erection* tower (47,62%).

Waste terbesar yang telah diidentifikasi per pekerjaan pada proyek transmisi adalah *Waiting* dengan rata-rata sebesar 2,29. Hal ini menunjukkan banyaknya pekerjaan menunggu (*Waiting*) seperti menunggu ketersediaan dana, menunggu selesainya pekerjaan sebelumnya, menunggu kedatangan material dan menunggu kedatangan alat.

Penelitian ini masih dapat dilanjutkan kembali dan dilakukan secara berkala mengingat proyek yang diteliti masih sedang berjalan. Faktor-faktor penyebab *waste* pada proyek transmisi juga perlu diteliti agar akar dari permasalahan banyaknya *waste* dapat diketahui secara pasti sehingga dapat diberikan rekomendasi untuk meminimalisir *waste* pada proyek transmisi.

DAFTAR PUSTAKA

Abduh, M. (2007). Konstruksi Ramping : Memaksimalkan Value dan Meminimalkan Waste. *Prosiding 25 Tahun Pendidikan Manajemen dan Rekayasa Konstruksi di Indonesia.* Bandung: Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.

Agus. (2015). *Telaah Kebijakan Ketenagalistrikan Presiden Joko Widodo : Tantangan dan Prospek.*

Alwi, S., & Hampson, K. (2002). Non Value-Adding Activities : A Comparative Study of Indonesian and Australian Construction Projects. *Proceedings IGLC-10.* Gramado, Brazil.

Gaspersz, V. (2007). *Lean Six Sigma For Manufacturing and Service Industries.* Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean.* Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre.

Jasti, N. V., & Sharma, A. (2014). Lean Manufacturing Implementation Using Value Stream Mapping as a Tool. *International Journal of Lean Six Sigma*.

Ketenagalistrikan, D. J. (2021). *Statistik Ketenagalistrikan 2021.* Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Lasa, I. S., & Laburu, C. O. (2008). An Evaluation of the Value Stream Mapping Tool. *Business Process Management Journal*, 39-52.

Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook : A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps.* New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Pall, G. K., & Bridge, A. J. (2016). Comprehensive review of Delays in Power Transmission Projects. *IET Generation Transmission & Distribution*.

Pall, G. K., & Bridge, A. J. (2019). Causes of Delay in Power Transmission Projects : An Empirical Study. *Energies*.

Perpres, N. 4. (2016). *Peraturan Presiden Nomor 4 : Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan.*

Robbani, B., & Sandhyavitri, A. (2019). Identifikasi Faktor yang Berpengaruh terhadap Kinerja Waktu Pelaksanaan Proyek Pengadaan Transmisi 500 kV Sumatera. *RACIC, 4 No. 2*.