EVALUASI SISTEM *MAINTENANCE MANAGEMENT* DENGAN PENDEKATAN *LEAN BUILDING MAINTENANCE* PADA APARTEMEN X DI SURABAYA

Evan[1], Andi[2] dan Lie Arijanto[3]

[1] Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya
[2, 3] Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

[1] fxevan7@gmail.com, [2] andi@petra.ac.id, [3] arijanto_lie@yahoo.com

ABSTRAK: Seiring berkembangnya apartemen di Indonesia maka pekerjaan *maintenance* tidak bisa dipandang remeh. Pekerjaan *maintenance* yang terlalu lama dapat membahayakan *user* apartemen sehingga sistem *maintenance management* harus dibuat seefisien mungkin agar pekerjaan *maintenance* selesai dengan cepat. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dan membuat perbaikan dari sistem *maintenance management* pada bangunan apartemen. Metode utama yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) yang merupakan bagian dari pilar *waste identification* pada *Lean Building Maintenance*. Metode ini menghasilkan model awal yang disebut *current* MVSM untuk dianalisa lebih lanjut sehingga menghasilkan usulan model perbaikan yang disebut *future* MVSM. Hasil penelitian menunjukkan waktu untuk alur 1 sistem *maintenance* Apartemen X membutuhkan waktu 210 jam yang kemudian diusulkan langkah perbaikan dengan mengurangi *waste* pada beberapa aktivitas yang tidak perlu (*Non-Value Added Activity*). Setelah perbaikan diusulkan dengan model *future* MVSM maka waktu untuk alur 1 sistem *maintenance* Apartemen X dapat lebih cepat 68.57%.

Kata kunci: sistem *maintenace management*, *lean building maintenance*, *maintenance value stream mapping*, *waste identification*, apartemen

ABSTRACT: *The importance of efficient maintenance work in developing apartments in Indonesia cannot be underestimated. Lengthy maintenance procedures pose risks to apartment users, necessitating the development of efficient maintenance management systems. This study aimed to evaluate and enhance the maintenance management system in apartment buildings. This study used a main method called Maintenance Value Stream Mapping (MVSM), which is part of identifying waste pillars in Lean Building Maintenance. This method produces an initial model called the current MVSM for further analysis to produce an improved model called the future MVSM. The results showed that the time for a flow of Apartment X's maintenance system took 210 hours, which was then proposed for improvement by reducing waste in several unnecessary activities (Non-Value Added Activity). After the proposed improvements with the future MVSM model, the time for a flow of Apartment X's maintenance system can be 68.57% faster.*

Keywords: maintenance management system, *lean building maintenance*, *maintenance value stream mapping*, *waste identification*, *apartment*

1. PENDAHULUAN

Apartemen merupakan salah satu bangunan hunian vertikal yang banyak digunakan oleh masyarakat pada masa kini. Hal ini terlihat pada hasil riset Colliers International pada tahun 2021 bahwa total stok apartemen di kota Surabaya tercatat sebanyak 48.972 unit. Bangunan apartemen yang menampung banyak penghuni tentunya dituntut memiliki kondisi yang memadai untuk digunakan, karena kerusakan pada bangunan pada umumnya dapat menimbulkan kecelakaan yang mengancam nyawa penghuni apartemen tersebut. Bahkan menurut data Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat pada tahun 2019, ada sekitar 168 apartemen di Jakarta yang rawan mengalami kecelakaan akibat buruknya pengelolaan dan pemeliharaan apartemen. Oleh sebab itu, pemeliharaan bangunan tentunya sangat diperlukan untuk mencegah kecelakaan yang disebabkan oleh kegagalan atau keausan penggunaan. Pemeliharaan bangunan juga dilakukan untuk memastikan konservasi dan kinerja bangunan yang memuaskan sepanjang masa umur bangunannya.

Dalam sebuah siklus hidup bangunan terdapat 3 tahap. Tahap pertama berkaitan dengan studi dan perencanaan kegiatan, seperti kelangsungan hidup, studi, dan pengembangan dokumentasi desain. Yang kedua meliputi kegiatan yang berhubungan dengan pelaksanaan konstruksi dan perakitan bangunan, dan yang ketiga adalah tahap penggunaan, pengoperasian, dan pemeliharaan. Kemudian Akcamete, Akinci dan Garrett (2010) menunjukkan bahwa persentase terbesar dari biaya dalam siklus hidup bangunan terjadi pada tahap terakhir, yaitu tahap penggunaan, pengoperasian, dan pemeliharaan sebanyak 60% dari total biaya pada siklus hidup bangunan. Konsekuensi lainnya dari kurangnya pemeliharaan bangunan gedung adalah timbulnya risiko dalam keselamatan penggunanya, tidak ada jaminan umur bangunan, dan biaya perbaikan tinggi yang dapat dihindari.

Dalam konteks ini, maka muncullah *maintenance management* yang bertanggung jawab untuk merencanakan, mengendalikan, dan melaksanakan pemeliharaan gedung. Namun, beberapa kali dapat dijumpai bahwa dalam pelaksanaan pemeliharaan gedung tidak ada sistem *maintenance management* yang efisien dan terstruktur. Dengan demikian, evaluasi sebuah sistem *maintenance management* diperlukan agar produktivitas pekerjaan *maintenance* dapat lebih efisien khususnya dengan mencoba menghubungkan *lean principles* dengan strategi sistem *maintenance*, seperti yang diklaim Mostafa dan Soltan (2014). Filosofi *lean* bertujuan untuk mengurangi aktivitas atau layanan yang tidak menambah nilai bagi pengguna dan meskipun pengembangan awal filosofi *lean* ini berada di lingkungan industri tetapi dapat diterapkan di bidang jasa. Sehubungan dengan hal tersebut, maka muncul fokus pada *lean building maintenance*, yang mana kajian tentang pendorong dan hambatan implementasi serta manfaatnya bagi bidang pemeliharaan gedung dirasa masih kurang baik dari segi waktu maupun produktivitas.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melakukan evaluasi terhadap sistem *maintenance management* pada sebuah bangunan apartemen dan membuat langkah perbaikan pada sistem *maintenance management* dengan menggunakan pendekatan *lean building maintenance* untuk mengurangi *waste* yang terjadi. Penelitian dilakukan dengan menggunakan studi kasus pada salah satu apartemen di Surabaya, Indonesia.

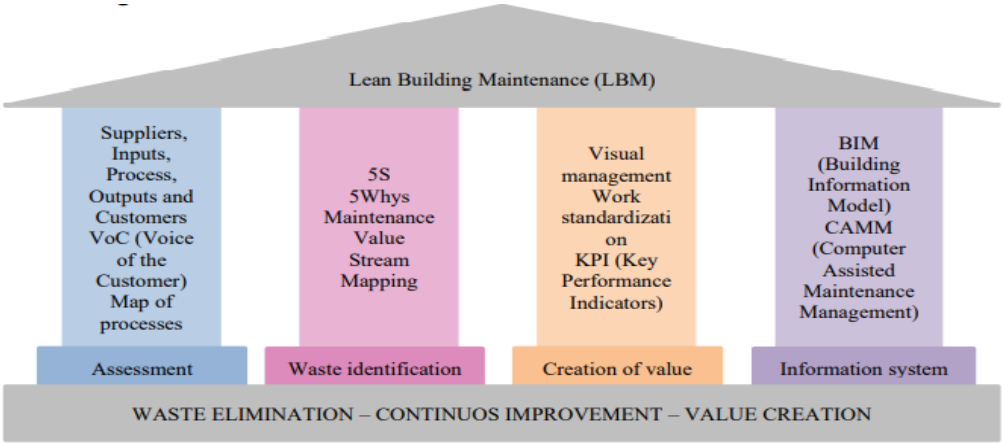
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Maintenance Management*

Secara alami, konstruksi mengalami proses degradasi, karena berbagai sistem bangunan memiliki kapasitas berkurang selama siklus hidup (Silva, 2014). Untuk memastikan bahwa bangunan dan sistem memenuhi kemampuan fungsionalnya, persyaratan dan keselamatan pengguna, perlu diterapkan serangkaian kegiatan konservasi atau pemulihan, disebut *maintenance* (pemeliharaan). Seiring dengan berkembangnya jaman, kualitas dan konsep kinerja akan berjalan bersama dengan perubahan dalam teknik konstruksi. Menurut Allen (1993), bangunan pada masa sekarang jauh lebih kompleks (elektrikal, mekanikal dan dampak lingkungan) maka diperlukan suatu pendekatan berbeda untuk proses manajemen fasilitas bangunan. Allen juga menyampaikan bahwa manajemen fasilitas dan *building maintenance* saling terkait karena pemahaman dari proses pemeliharaan adalah "*maintenance management*" dan oleh sebab itu pemahaman tentang pemeliharaan fasilitas bangunan adalah "*building maintenance management*". Fungsi umum dari *building maintenance management* adalah untuk mempersiapkan rencana, prosedur, rutinitas pemeliharaan, pengoperasian peralatan dan fasilitas gedung, mengelola pekerjaan, dokumentasi bangunan dan peralatan terkait, manusia dan material sumber daya, kontrak penyedia layanan eksternal, dan menyiapkan anggaran *maintenance* memastikan rasionalisasi dan pengendalian biaya (Abreu, Calado and Requeijo,2016).

2.2. *Lean Building Maintenance*

Manfaat utama dari menerapkan prinsip *lean* adalah optimalisasi proses dengan menghilangkan pemborosan (Parry and Turner 2006) dan manfaat inilah yang kemudian membuat prinsip *lean* diadopsi dalam dunia konstruksi. Mostafa, Dumrak, dan Soltan (2015) kemudian menyarankan untuk mengaudit *lean maintenance*, menciptakan standarisasi praktik dan prosedur *lean*, mengembangkan tim dan karyawan, dan memperluas praktik *lean* untuk mencari kesempurnaan dalam semua proses. Khusus untuk perawatan gedung bertingkat, Abreu, Calado, dan Requeijo (2016) mengusulkan penerapan filosofi *lean* dalam 4 pilar berdasarkan penghapusan pemborosan dan prinsip-prinsip *continuous improvement* (mencari kesempurnaan). Usulan dari Abreu, Calado, dan Requeijo ini diberi nama *Lean Building Maintenance* (LBM), dapat terlihat pada Gambar 1



Gambar 1. *Lean building maintenance*

2.3. *Maintenance Value Stream Mapping*

Value Stream Mapping (VSM) adalah suatu alat *lean production* yang memungkinkan visualisasi dan memahami aliran material dan informasi dalam rantai nilai. Hal ini juga didefinisikan sebagai proses perbaikan yang bertujuan untuk memaksimalkan nilai dengan mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* dalam rantai nilai (Rother dan Shook, 1998). Dengan penerapan VSM dalam konstruksi, secara sistematis dapat menggambarkan suatu tahap atau sistem konstruksi dengan kemampuan untuk mengidentifikasi potensi masalah dan pemborosan (*waste)*. Sebelum membuat VSM untuk melakukan analisa *waste*, ada baiknya untuk terlebih dahulu menentukan tipe-tipe aktivitas yang berbeda dalam suatu perusahaan yaitu (Hines & Taylor, 2000):

1. *Value Added* (VA) *Activity*
   Aktivitas yang dari sudut pandang customer membuat suatu layanan atau barang menjadi lebih bernilai.
2. *Non-Value Added* (NVA) *Activity*
   Aktvitas yang dari sudut pandang customer tidak membuat suatu layanan atau barang menjadi lebih bernilai bahkan tidak diperlukan sama sekali. Menurut Martin (2013) NVA *Activity* dapat dibagi lagi menjadi 2 golongan:

- *Non-Value Added Activity Necessary* (NVAN)
  Aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah atau dampak namun penting untuk dilakukan agar proses dapat berjalan secara keseluruhan. Contoh : istirahat setelah melakukan pengecekan.
- *Non-Value Added Activity Unnecessary* (NVAUN)
  Aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah atau dampak dan juga tidak mempengaruhi keseluruhan proses. Contoh : menunggu informasi dan melakukan authorisasi secara berulang.

Kemudian Abreu, Calado, dan Requeijo (2016) membuat penerapan *Maintenance Value Stream Mapping* untuk proses *maintenance* saat ini. Karena ini adalah alat yang menganalisis waktu yang dibutuhkan dalam berbagai tahapan proses (*lead time*) maka perlu untuk mengadaptasi konsep ini ke *maintenance*, karena ini adalah layanan non-reguler yang berbeda dari proses produksi secara seri maka kemudian muncul total waktu imobilisasi, yaitu waktu ketika peralatan gagal menjalankan fungsinya sampai waktu tertentu untuk dapat beroperasi kembali, waktu ini disebut dengan *Mean Maintenance Lead Time* (MMLT). MMLT didapatkan dari persamaan 1 sebagai berikut:

$$MMLT = MTTO + MTTR + MTTY \quad (1)$$

Keterangan :

MTTO	= *Mean Time To Organize*
MTTR	= *Mean Time To Repair*
MTTY	= *Mean Time To Yield*

Dalam pembuatan *maintenance value stream mapping*, terdapat dua jenis pemetaan yaitu pembuatan *current maintenance value stream mapping* dan *future maintenance value stream mapping. Current maintenance value stream mapping* dilakukan untuk memetakan kondisi lantai produksi aktual, dimana segala informasi yang terdapat dalam setiap proses dicantumkan dalam pemetaan. Setelah identifikasi pemborosan yang dilakukan, maka dapat

digambarkan *future maintenance value stream mapping*. *Future maintenance value stream mapping* merupakan pemetaan kondisi sistem *maintenance management* di masa mendatang sebagai usulan rancangan perbaikan dari kondisi aktual yang ada. Beberapa usulan langkah perbaikan dalam *value stream mapping* telah dijabarkan oleh McManus (2005).

2.4. 5*Whys Analysis*

5*Whys Analysis* merupakan suatu analisis akar penyebab yang sederhana dan dapat digunakan untuk menganalisis kegagalan dari suatu sistem dan dapat dengan baik mengidentifikasi sebab dan akibat dari suatu kejadian (Serrat, 2017). 5*Whys Analysis* pertama kali digunakan oleh Sakaichi Toyota pada perusahaan Toyota Motor Corporation selama proses pengembangan manufaktur mereka. Metode ini digunakan untuk menggali lebih dalam hingga benar-benar mencapai akar masalah yang sebenarnya dengan terus menanyakan "mengapa" secara berulang-ulang hingga mendapatkan suatu jawaban yang menunjukkan akar masalah yang sebenarnya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Kasus

Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini merupakan salah satu gedung apartemen di kota Surabaya. Apartemen X ini memliki luas lahan sebesar 11648 m2 dan memiliki jumlah pengguna tetap sebanyak ±2700 orang. Bangunan apartemen ini terdiri dari 2 *tower* yang masing-masing *tower* memiliki tinggi 140 meter dan terdiri dari 950 unit. Apartemen X ini selesai dibangun pada 2014. Data dalam penelitian ini didapatkan dengan metode wawancara kepada divisi *Maintenance* dan *Engineering* Apartemen X. Dari hasil wawancara, peneliti mendapatkan gambaran mengenai alur pekerjaan *maintenance* serta mendapatkan data-data mengenai waktu beserta jumlah tenaga kerja yang diperlukan dalam proses pekerjaan *maintenance*. Peneliti kemudian melakukan evaluasi pada sistem *maintenance management* dengan menggunakan salah satu metode dalam *Lean Building Maintenance* yaitu *Maintenance Value Stream Mapping*.

Pekerjaan *maintenance* yang dimaksudkan dalam penelitian ini terbatas hanya kepada pekerjaan *maintenance* yang dapat dikerjakan sendiri oleh divisi *maintenance* dan *engineering* pada Apartemen X yang terdiri dari 1 supervisor *maintenance* dan 8 orang tukang internal dengan detail pekerjaan *maintenance* yang dapat dilakukan sebagai berikut:

- Keretakan pada beton dan kebocoran
- Interior konstruksi (pintu, jendela, pengecatan, lampu, dsb)
- Fasilitas air dan sanitasi
- CCTV
- HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*)
- Instalasi elektrikal

3.2. *Maintenance Value Stream Mapping*

3.2.1. *Current Maintenance Value Stream Mapping*

Tahapan ini dimulai dengan melakukan identifikasi terhadap seluruh rangkaian aktivitas pada alur sistem *maintenance management* Apartemen X, mulai dari *complain* customer hingga pekerjaan *maintenance* selesai dilakukan. Kemudian aktivitas-aktivitas tersebut disusun

dalam suatu alur yang membentuk *current maintenance value stream mapping* berdasarkan hasil wawancara dan SOP pekerjaan *maintenance* yang telah didapatkan. *Current maintenance value stream mapping* akan digambarkan seperti sebuah peta beserta dengan lambang-lambang yang menjadi standar dalam sebuah *value stream mapping*. Dari *current maintenance value stream mapping* maka didapatkan waktu *Value Added Activity, Non-Value Added Activity Necessary,* dan *Non-Value Added Activity Unnecessary* untuk kemudian dievaluasi.

3.2.2. Evaluasi *Current Maintenance Value Stream Mapping*

Tahapan ini dilakukan dengan menghitung total waktu *Value Added Activity*, *Non-Value Added Activity Necessary* dan *Non-Value Added Activity Unnecessary* untuk kemudian dibandingkan proporsi dari kategori aktivitas ini. Kemudian dilakukan juga perhitungan untuk total waktu *Mean Time to Order* (MTTO), *Mean Time to Repair* (MTTR), *Mean Time to Yield* (MTTY), dan *Mean Maintenance Lead Time* (MMLT) yang selanjutnya digunakan menghitung efisiensi waktu *maintenance*. Rumusan efisiensi waktu *maintenance* dapat dilihat pada persamaan 2 sebagai berikut :

$$Maintenance\ Time\ Efficiency = MTTR\ /\ MMLT \quad (2)$$

Keterangan:
MTTR = *Mean Time To Repair*
MMLT = *Mean Maintenance Lead Time*

Selain itu juga dilakukan analisa *waste identification* yang lain yaitu dengan menggunakan metode 5*Whys Analysis* untuk mengidentifikasi akar masalah pada *waste* yang dianggap kritis yaitu aktivitas-aktivitas yang memiliki waktu *Non-Value Added Activity Unnecessary* yang besar untuk dicari tahu apa yang salah dan kemudian diusulkan langkah perbaikan.

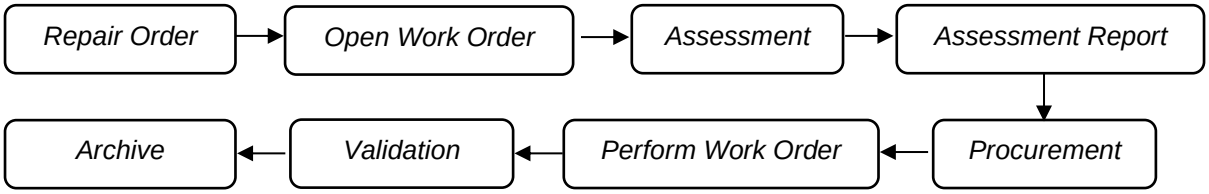
3.2.3. *Future Maintenance Value Stream Mapping*

Hasil dari evaluasi *current maintenance value stream mapping* akan membuat beberapa perubahan pada berbagai aktivitas khususnya mengurangi atau menghilangkan beberapa *Non-Value Added Activity Unnecessary*. Selain mengurangi atau menghilangkan *Non-Value Added Activity Unnecessary* (NVAUN), hasil evaluasi juga dapat berupa perubahan pada *Value Added Activity* (VA) ataupun peningkatan kinerja dari suatu aktivitas yang sudah ada sebelumnya pada *current maintenance value stream mapping*. Perubahan-perubahan ini kemudian akan menghasilkan suatu usulan *maintenance value stream mapping* yang baru sebegai langkah perbaikan dan kemudian akan disebut sebagai *future maintenance value stream mapping*. Setelah itu, akan dilakukan perbandingan antara *current maintenance value stream mapping* dengan *future maintenance value stream mapping* dari berbagai sisi untuk mengetahui keefektifitasan dari langkah-langkah perbaikan yang dibuat. Indikator keberhasilan *future maintenance value stream mapping* adalah peningkatan efisiensi waktu *maintenance* dan juga berkurangnya waktu-waktu pada *current maintenance value stream mapping* seperti waktu NVAUN dan waktu *Mean Maintenance Lead Time*.

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Identifikasi Aktivitas-Aktivitas pada Alur Sistem *Maintenance* Apartemen X

Penelitian dimulai dengan membuat diagram alur sistem *maintenance* pada Apartemen X dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Diagram alur sistem *maintenance* apartemen X

Penelitian kemudian dilanjutkan dengan melakukan wawancara untuk mengidentifikasi aktivitas-aktivitas pada alur sistem *maintenance* pada Apartemen X. Data mengenai aktivitas-aktivitas pada sistem *maintenance* dan rinciannya dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Aktivitas-aktivitas pada sistem *maintenance* apartemen X

Aktivitas	Keterangan
Repair Order	Customer mengajukan *repair order* kepada Badan Pengelola kemudian diteruskan ke Tim *Maintenance*
Open Work Order	Menunggu informasi sampai ke Tim *Maintenance*
	Tim *Maintenance* membuat dokumen "*Work Order*"
	Menunggu untuk *Assessment*
Assessment	Tim *Maintenance* melakukan investigasi masalah di lapangan
	Menunggu authorisasi Supervisor *Maintenance*
Assessment Report	Tim *Maintenance* melakukan report kepada Manajemen dan rencana biaya yang diperlukan
	Melakukan konfirmasi ke Bagian *Procurement* atas persetujuan Manajemen
Procurement	Mencari barang dan melakukan komparasi harga dari beberapa *supplier*
	Melakukan konfirmasi kepada *supplier* yang cocok
	Membuat *Purchase Order*
	Menunggu pembayaran kepada *supplier*
	Menunggu barang datang dari *supplier*
Perform Work Order	Melakukan pekerjaan perbaikan di lapangan
	Melakukan konfirmasi bahwa pekerjaan perbaikan sudah selesai kepada Supervisor *Maintenance*
Validation	Supervisor *Maintenance* melakukan pengecekan hasil pekerjaan perbaikan
	Pemrosesan dokumen penyelesaian pekerjaan dan penyampaian penyelesaian pekerjaan pada *customer*
Archive	Dokumen penyelesain pekerjaan diarsipkan

4.2. *Current Maintenance Value Stream Mapping*

Berdasarkan rincian aktivitas-aktivitas pada sistem *maintenance* Apartemen X maka proses pembuatan *current maintenance value stream mapping* dimulai dengan mengumpulkan terlebih dahulu data-data aktivitas pekerjaan *maintenance* beserta waktu yang diperlukan agar bisa membentuk suatu proses yang utuh. Setelah itu masing-masing aktivitas dan durasinya perlu dirinci untuk mengetahui aktivitas-aktivitas mana saja yang termasuk dalam *Value added Activity* (VA), *Non-Value added Activity Necessary* (NVAN), dan *Non-Value added Activity Unnecessary* (NVAUN). Masing-masing aktivitas juga dikelompokkan ke dalam

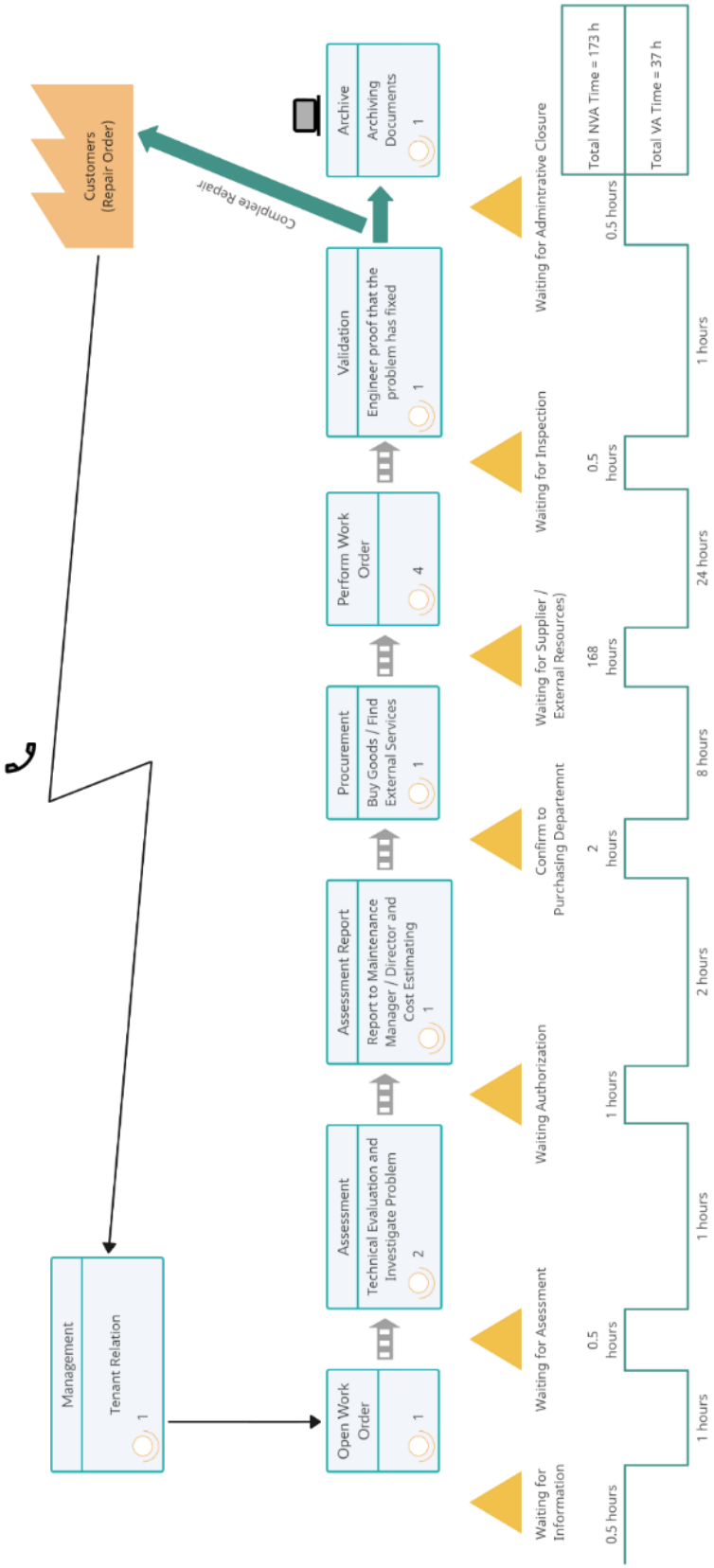
kategori proses MMLT (*Mean Maintenance Lead Time*). Pengelompokkan aktivitas-aktivitas tersebut dalam dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Pengelompokkan aktivitas-aktivitas pada sistem *maintenance* apartemen X

Aktivitas	Keterangan	Kategori Proses	Kategori Aktivitas	Durasi (*Hours*)
Repair Order	Customer mengajukan *repair order* kepada Badan Pengelola kemudian diteruskan ke Tim *Maintenance*	-	-	-
Open Work Order	Menunggu informasi sampai ke Tim *Maintenance*	MTTO	NVAUN	0.5
	Tim *Maintenance* membuat dokumen "*Work Order*"	MTTO	VA	1
	Menunggu untuk *Assessment*	MTTO	NVAUN	0.5
Assessment	Tim *Maintenance* melakukan investigasi masalah di lapangan	MTTO	VA	1
	Menunggu authorisasi Supervisor *Maintenance*	MTTO	NVAUN	1
Assessment Report	Tim *Maintenance* melakukan report kepada Manajemen dan rencana biaya yang diperlukan	MTTO	VA	2
	Melakukan konfirmasi ke Bagian *Procurement* atas persetujuan Manajemen	MTTO	NVAN	2
Procurement	Mencari barang dan melakukan komparasi harga dari beberapa *supplier*	MTTO	VA	6
	Melakukan konfirmasi kepada *supplier* yang cocok	MTTO	VA	1
	Membuat *Purchase Order*	MTTO	VA	1
	Menunggu pembayaran kepada *supplier*	MTTO	NVAUN	144
	Menunggu barang datang dari *supplier*	MTTO	NVAUN	24
Perform Work Order	Melakukan pekerjaan perbaikan di lapangan	MTTR	VA	24
	Melakukan konfirmasi bahwa pekerjaan perbaikan sudah selesai kepada Supervisor *Maintenance*	MTTY	NVAN	0.5
Validation	Supervisor *Maintenance* melakukan pengecekan hasil pekerjaan perbaikan	MTTY	VA	1
	Pemrosesan dokumen penyelesaian pekerjaan dan penyampaian penyelesaian pekerjaan pada *customer*	MTTY	NVAN	0.5
Archive	Dokumen penyelesain pekerjaan diarsipkan	-	-	-

Keterangan:
VA : *Value added Activity*
NVAN : *Non-Value added Activity Necessary*
NVAUN : *Non-Value added Activity Unnecessary*
MTTO : *Mean Time To Order*
MTTR : *Mean Time To Repair*
MTTY : *Mean Time To Yield*

Setelah melakukan perincian data-data aktivitas yang sudah dikumpulkan beserta durasinya maka current maintenance value stream mapping dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



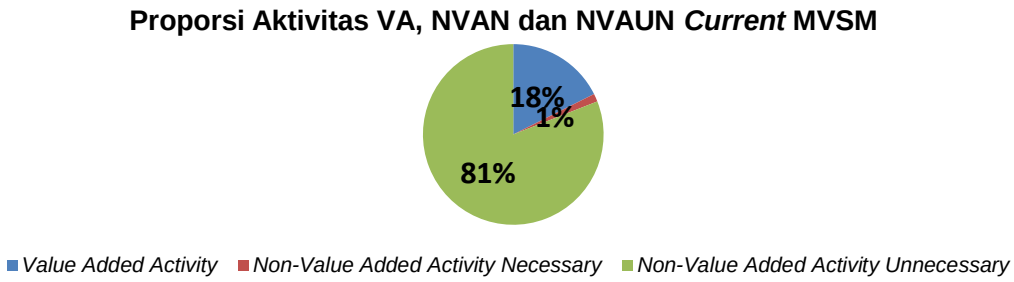
Gambar 3. *Current maintenance value stream mapping*

4.3. Evaluasi *Current Maintenance Value Stream Mapping* dan Identifikasi *Waste*

Setelah membuat *current maintenance value stream mapping* maka peneliti akan membuat analisa awal dari *processes times* juga proporsi waktu VA, NVAN dan NVAUN pada *current maintenance value stream mapping* berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 4 di bawah ini.

Tabel 3. *Processes times current maintenance value stream mapping*

Processes Times	**Current MVSM**
MTTO	184 *hours*
MTTR	24 *hours*
MTTY	2 *hours*
MMLT (MTTO + MTTR + MTTY)	210 *hours*
Maintenance Time Efficiency (MTTR/MMLT)	11.43%
Total Non-Value added Activity Necessary Time	3 *hours*
Total Non-Value added Activity Unnecessary Time	170 *hours*
Total Value added Activity Time	37 *hours*



Gambar 4. Proporsi VA, NVAN dan NVAUN *current* MVSM

Dari Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan untuk persiapan sebelum pekerjaan *maintenance* di lapangan (*Mean Time To Order*) adalah 184 jam kemudian waktu pekerjaan *maintenance* di lapangan (*Mean Time to Repair*) adalah 24 jam dan waktu untuk memastikan bahwa pekerjaan *maintenance* telah selesai (*Mean Time to Yield*) adalah 2 jam sehingga total waktu dalam 1 proses pekerjaan *maintenance* (*Mean Maintenance Lead Time*) adalah 210 jam. Untuk efisiensi waktu *maintenance* sendiri terbilang sangat rendah dengan hanya berada di 11.43%. Kemudian dari Gambar 4, dapat dilihat bahwa proporsi *Value added Activity* (VA) *Time* sebesar 18%, proporsi *Non-Value added Activity Necessary* (NVAN) *Time* hanya sebesar 3%, dan proporsi *Non-Value added Activity Unnecessary* (NVAUN) *Time* menjadi yang terbesar dengan 81%. Dengan NVAUN *Time* yang memiliki jumlah paling besar maka pada *current* MVSM masih banyak terdapat *waste* yang perlu ditangani dan diperbaiki. Sebelum membuat langkah perbaikan maka terlebih dahulu harus mencari dulu letak kritis di mana NVAUN paling banyak terjadi melalui Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Persentase *non-value added activity unnecessary time* terhadap kategori proses pada *current* MVSM

Kategori Proses	***Non-Value Added Activity Unnecessary Time pada Current MVSM***		
	Waktu (h)	**Persentase (%)**	**Kumulatif (%)**
MTTO	170	100	100
MTTR	0	0	100
MTTY	0	0	100

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa 100% dari *Non-Value added Activity Unnecessary Time* berada pada persiapan sebelum pekerjaan maintenance di lapangan (Mean Time To Order). Hal ini menunjukkan bahwa segala upaya perbaikan perlu difokuskan kepada proses *Mean Time To Order* karena proses ini menurut McManus (2005) seperti sebuah "*monument*" dimana keseluruhan waste kritis berada pada proses ini. Peneliti kemudian akan melakukan *breakdown* dari aktivitas-aktivitas yang terdapat pada proses *Mean Time To Order*. Aktivitas-aktivitas yang termasuk ke dalam kategori *Mean Time To Order* adalah aktivitas *Open Work Order*, *Assessment*, *Assessment Report*, dan *Procurement*. Proporsi dari NVAUN *Time* dari masing-masing aktivitas dalam proses *Mean Time To Order* pada *current* MVSM dapat dilihat dari Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Proporsi *non-value dded activity unnecessary time* setiap aktivitas dalam proses *mean time to order* pada *current* MVSM

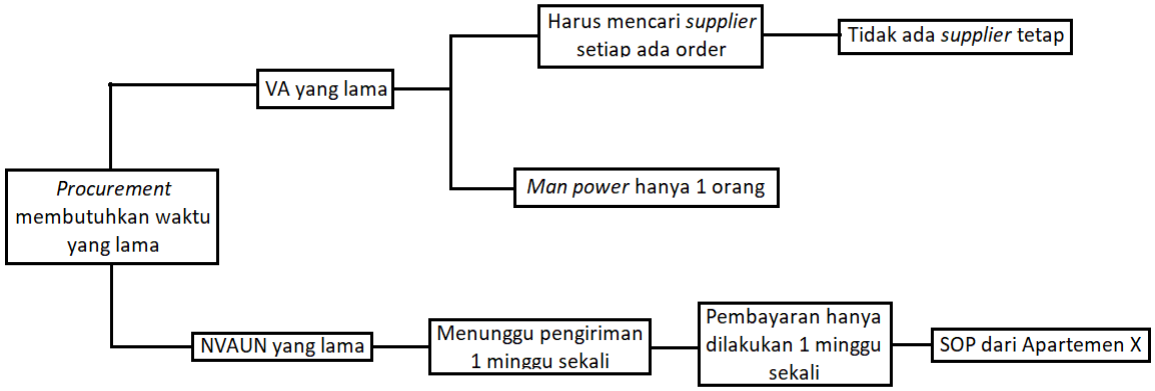
Aktivitas	***Non-Value Added Activity Unnecessary Time* pada *Current* MVSM**		
	Waktu (h)	**Persentase (%)**	**Kumulatif (%)**
Open Work Order	1	0.59	0.59
Assessment	1	0.59	1.18
Assessment Report	0	0	1.18
Procurement	168	98.82	100

Dari Tabel 5 diatas dapat dilihat bahwa NVAUN *Time* pada aktivitas *Procurement* sangat mendominasi dengan persentase 98.82%. Kemudian diikuti aktivitas *Open Work Order* dan *Assessment* dengan sama-sama memiliki persentase 0.59%. Dari Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa *waste* kritis terdapat pada aktivitas *Procurement* yang memiliki NVAUN *Time* yang sangat besar dan perbaikan harus terlebih dahulu difokuskan kepada aktivitas *Procurement*.

4.4. 5*Whys Analysis* Aktivitas dengan Waktu NVAUN Terbesar

Sebelum dilakukan perbaikan terhadap aktivitas *Procurement* yang memiliki waktu NVAUN terbesar maka terlebih dahulu akan dilakukan analisis untuk mengidentifikasi akar masalah dari masalah-masalah yang terjadi pada aktivitas *Procurement*. Metode yang dipakai dalam mengidentifikasi akar masalah adalah 5*Whys Analysis*. Data-data pada metode ini didapatkan melalui proses *interview* kepada divisi *Purchasing* dan juga divisi *Maintenance* pada Apartemen X. Diagram 5*Whys Analysis* pada aktivitas *Procurement* dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut.

Gambar 5 menunjukkan akar-akar permasalahan dari aktivitas *Procurement*. Aktivitas *Procurement* membutuhkan waktu yang lama, karena terdapat 2 cabang permasalahan baik itu dari VA yang lama maupun NVAUN yang lama. Pada cabang permasalahan VA yang lama juga disebabkan oleh 2 cabang permasalahan yaitu *man power* pada aktivitas Procurement hanya 1 orang dan juga pada setiap order barang atau jasa dari divisi *Maintenance* maka pihak *Purchasing* harus terlebih dahulu mencari supplier. Pihak *Purchasing* harus mencari *supplier* karena mencari harga termurah dan juga tidak memiliki *supplier* yang tetap.

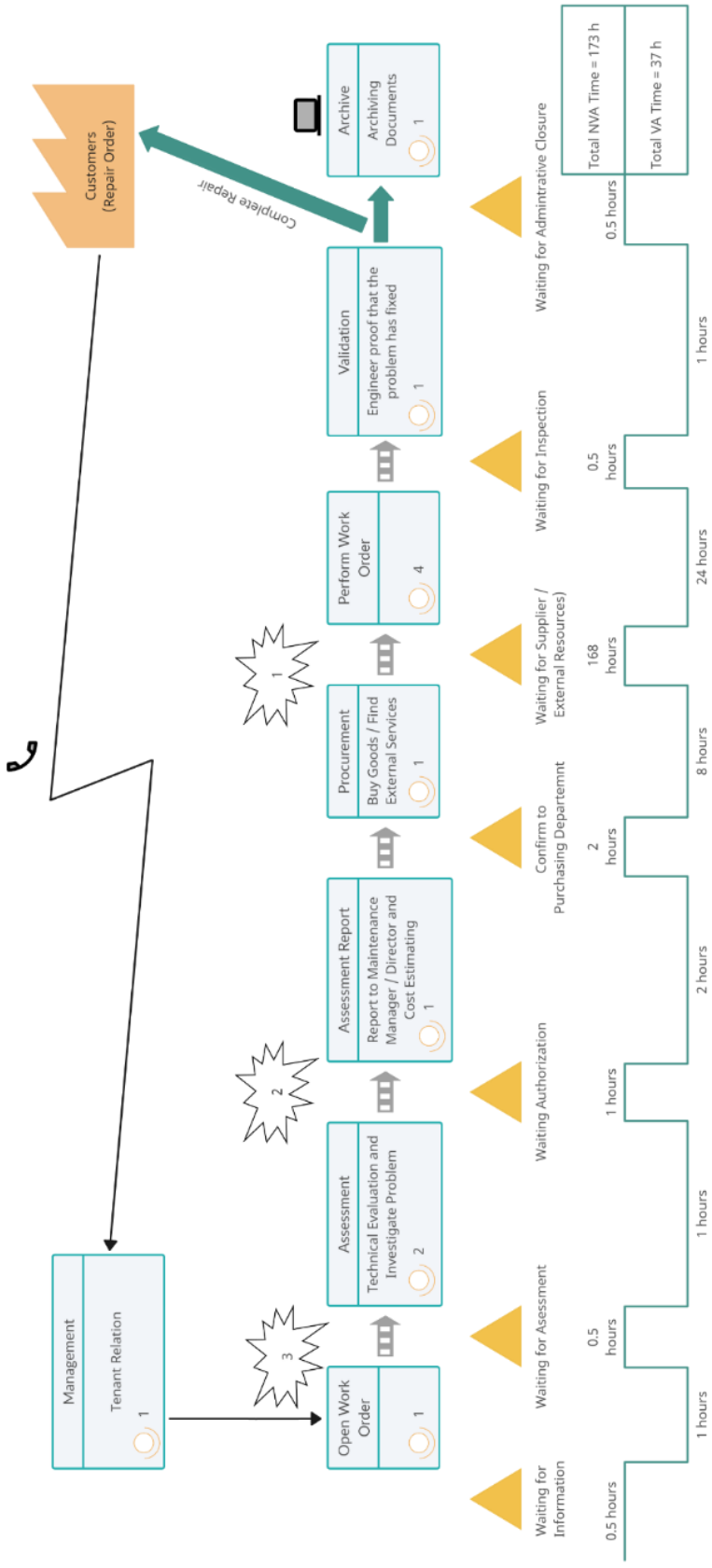


Gambar 5. Diagram 5*Whys analysis* pada aktivitas *procurement*

Selanjutnya pada cabang permasalahan NVAUN yang lama, yang mana NVAUN pada aktivitas *Procurement* berkontribusi sebanyak 98.82% dari NVAUN seluruh aktivitas pada alur sistem *maintenance* Apartemen X. Waktu NVAUN yang lama disebabkan oleh pengiriman dari *supplier* hanya terjadi 1 minggu sekali dan hal ini juga dikarenakan pembayaran-pembayaran dari pihak *Procurement* Apartemen X hanya berlangsung selama 1 minggu sekali juga. Akar masalah dari NVAUN ini adalah SOP Apartemen X yang memuat bahwa sistem pembayaran dari pihak *Procurement* hanya berlangsung selama 1 minggu sekali.

4.5. *Future Maintenance Value Stream Mapping*

Pembuatan *future maintenance value stream mapping* dimulai dengan terlebih dahulu membuat langkah-langkah perbaikan berdasarkan akar permasalahan yaitu pada waktu yang diperlukan untuk persiapan sebelum pekerjaan maintenance di lapangan (*Mean Time to Order*) terutama secara khusus perlunya perbaikan yang ekstra pada aktivitas *Procurement*. Peneliti kemudian membuat kembali *current maintenance value stream mapping* yang disertai dengan *Kaizen Lighting Burst* untuk memberikan tanda bahwa pada aktivitas-aktivitas tersebut akan dilakukan langkah-langkah perbaikan seperti terlihat pada Gambar 6 di bawah ini. Perbaikan-perbaikan tersebut akan difokuskan kepada "*monument*" yaitu proses *Mean Time to Order* (MTTO) terutama pada aktivitas *Procurement*. Selain itu langkah perbaikan juga akan diaplikasikan kepada aktivitas-aktivitas lainnya yaitu *Open Work Order*, *Assessment* dan *Assessment Report*.



Gambar 6. *Current maintenance value stream mapping* dengan *kaizen lighting burst*

Upaya perbaikan-perbaikan pada *current* MVSM dibuat berdasarkan saran perbaikan yang diberikan oleh McManus (2005) dan ditandai oleh *Kaizen Lightning Burst* sebagai berikut:

1. *Kaizen Lightning Burst* 1

Perbaikan yang paling terutama akan difokuskan kepada *kaizen lighting burst* 1 yaitu pada kategori aktivitas *Procurement*. Pada *current* MVSM, VA aktivitas *Procurement* merupakan yang terbesar dengan waktu 8 jam begitu juga NVAUN aktivitas *Procurement* merupakan yang terbesar dengan waktu 168 jam. Menurut McManus (2005) bahwa suatu aktivitas yang terlalu besar ini disebut sebagai sebuah "*monument*" yang harus di *breakdown* dan segera diselesaikan agar tidak menghambat keseluruhan. Berikut Tabel 6 merupakan akar masalah pada aktivitas *Procurement* berdasarkan Gambar 5 dan usulan perbaikannya.

Tabel 6. Rancangan usulan perbaikan setiap akar permasalahan pada aktivitas *procurement*

Akar Masalah	Usulan Perbaikan
Tidak ada *supplier* tetap	Melakukan kerjasama dengan 1 *supplier* tetap
Man power hanya 1 orang	Menambah jumlah staf *Purchasing*
SOP Apartemen X	Mengubah SOP mengenai jadwal pembayaran Mengalokasikan *petty cash* untuk kebutuhan divisi *maintenance*

Kemudian dari usulan perbaikan pada Tabel 6 maka peneliti kemudian melakukan *interview* kembali kepada pihak *Procurement* dan *Maintenance* dari Apartemen X untuk mengetahui apakah usulan perbaikan yang diberikan sudah sesuai dan dapat diaplikasikan. Pada Tabel 7 berikut memuat hasil dari *interview* mengenai usulan perbaikan pada aktivitas *Procurement*

Tabel 7. Hasil *interview* dari setiap usulan perbaikan pada aktivitas *procurement*

Usulan Perbaikan	Hasil *Interview*
Melakukan kerjasama dengan 1 *supplier* tetap	Bisa diterima namun butuh waktu yang lebih lama untuk mengaplikasikan karena perlu adanya kontrak untuk mengatur mengenai kualitas barang/jasa, waktu pengiriman dan juga tenggat waktu pembayaran harus menyesuaikan jadwal pembayaran yang berlaku saat ini
Menambah jumlah staf *Purchasing*	Tidak berpengaruh banyak karena jadwal pembayaran juga tetap berlangsung 1 minggu sekali
Mengubah SOP mengenai jadwal pembayaran	Tidak relevan untuk dilakukan karena membutuhkan penyesuaian terhadap pekerjaan divisi lain seperti divisi *Accounting*
Mengalokasikan *petty cash* untuk kebutuhan divisi *maintenance*	Bisa diterima dan dapat dilakukan segera atas ijin direksi untuk mengantisipasi waktu proses pembayaran yang hanya berlaku 1 minggu sekali

Berdasarkan Tabel 7 diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa usulan perbaikan yang dapat diterima dan dapat diaplikasikan pada sistem *maintenance* Apartemen X adalah usulan mengalokasikan *petty cash* untuk kebutuhan divisi *maintenance*. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi waktu NVAUN yang lama akibat harus menunggu pembayaran dari pihak Apartemen X yang berlangsung hanya seminggu sekali. Selain itu, *petty cash* bisa diberlakukan dikarenakan berdasarkan informasi dari narasumber bahwa dana yang dibutuhkan dalam 1 minggu untuk alat dan bahan pekerjaan *maintenance* yang dilaksanakan sendiri oleh tukang internal dari divisi *maintenance* dan *engineering* pada Apartemen X hanya berkisar antara Rp 1.500.000,00 hingga Rp 2.500.000,00. Perubahan pada langkah perbaikan aktivitas *Procurement* dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Perbandingan detail aktivitas *current* MVSM dan *future* MVSM pada aktivitas *procurement*

Procurement	**Detail Aktivitas**	**Kategori Aktivitas**	**Durasi (*Hours*)**
Current MVSM	Mencari barang dan melakukan komparasi harga dari beberapa *supplier*	VA	6
	Melakukan konfirmasi kepada *supplier* yang cocok	VA	1
	Membuat *Purchase Order*	VA	1
	Menunggu pembayaran kepada *supplier*	NVAUN	144
	Menunggu barang datang dari *supplier*	NVAUN	24
Future MVSM	Mencari barang dan melakukan komparasi harga dari beberapa *supplier*	VA	6
	Melakukan konfirmasi kepada *supplier* yang cocok	VA	1
	Membuat *Purchase Order*	VA	1
	Melakukan pembayaran kepada *supplier*	VA	2
	Menunggu barang datang dari *supplier*	NVAUN	24

2. *Kaizen Lightning Burst* 2

Perbaikan berikutnya yaitu pada *kaizen lighting burst* 2 yaitu aktivitas *Assessment* dan *Assessment Report* yang digabung menjadi 1. Pada *current* MVSM, kedua aktivitas ini dipisah dikarenakan *Assessment* membutuhkan adanya dokumen pengecekan perlu persetujuan dulu dari *Supervisor Maintenance* sebelum *Assesment Report* dibuat untuk diserahkan diserahkan kepada Manajer / Direktur sebelum proses *Procurement* dengan sepengetahuan *Supervisor Maintenance*. Berdasarkan fakta yang ada di lapangan ini kemudian merujuk kepada saran langkah perbaikan dari McManus (2005) yaitu menghilangkan *approval* dan *review* yang tidak diperlukan maka penulis merasa perlu adanya menghilangkan salah satu aktivitas dan menggabungkannya menjadi satu aktivitas karena pada dasarnya aktivitas *Assessment Report* juga membutuhkan authorisasi dari *Supervisor Maintenance* berupa tanda tangan sebelum diserahkan kepada Manajer / Direktur. Perubahan pada langkah perbaikan aktivitas *Assessment* dan *Assessment Report* dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Perbandingan detail aktivitas *current* MVSM dan *future* MVSM pada aktivitas *assessment* dan *assessment report*

Assessment* dan *Assessment Report	**Detail Aktivitas**	**Kategori Aktivitas**	**Durasi (*Hours*)**
Current MVSM	Tim *Maintenance* melakukan investigasi masalah di lapangan	VA	1
	Menunggu authorisasi Supervisor *Maintenance*	NVAUN	1
	Tim *Maintenance* melakukan report kepada Manajemen dan rencana biaya yang diperlukan	VA	2
	Melakukan konfirmasi ke Bagian *Procurement* atas persetujuan Manajemen	NVAN	2
Future MVSM	Tim *Maintenance* melakukan investigasi masalah di lapangan	VA	1
	Tim *Maintenance* melakukan report kepada Manajemen dan rencana biaya yang diperlukan	VA	2
	Melakukan konfirmasi ke Bagian *Procurement* atas persetujuan Manajemen	NVAN	2

3. *Kaizen Lightning Burst* 3

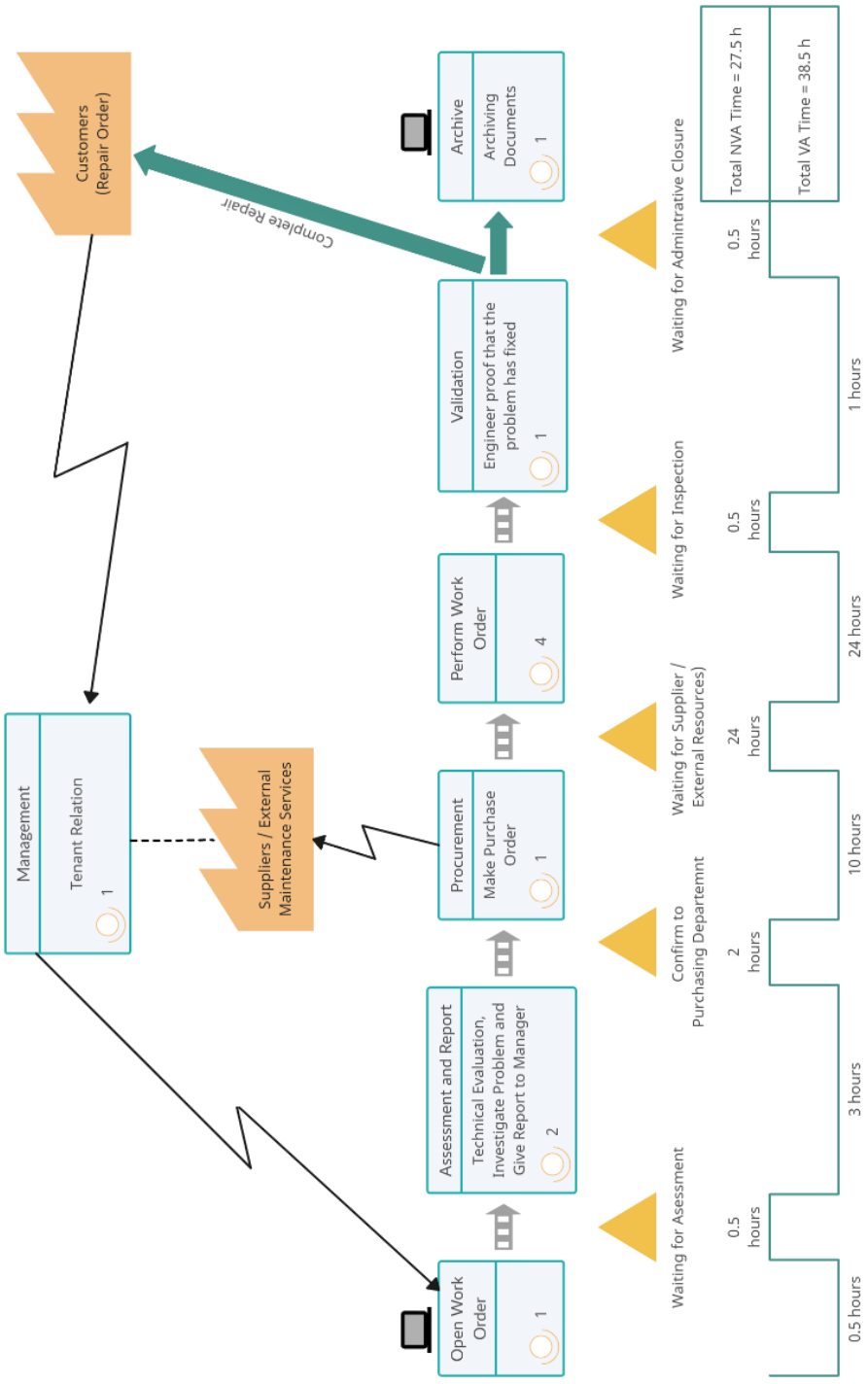
Langkah perbaikan yang terakhir yaitu pada *kaizen lighting burst* 3 yaitu aktivitas *Open Word Order*. Pada *current* MVSM, aktivitas ini memiliki kegiatan yang masih mengandalkan mobilitas orang serta media tertulis sehingga mengakibatkan waktu yang lebih lama yaitu saat harus menunggu informasi dari pihak manajemen ke tim *maintenance* dan juga saat membuat *work order*. Berdasarkan saran langkah perbaikan dari McManus (2005) yaitu menghilangkan

gerakan yang tidak perlu maka peneliti kemudian memberikan usulan agar informasi dari pihak manajemen dapat disampaikan melalui pesan elektronik seperti melalui *Whatsapp Group* maupun *e-mail* sehingga tidak ada *delay* yang terjadi. Selain itu, *work order* yang dibuat sebaiknya menggunakan program dalam sistem komputer sehingga lebih cepat dibuat dibandingkan dengan membuat form *work order* secara tertulis. Perubahan pada langkah perbaikan aktivitas *Open Work Order* dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Perbandingan detail aktivitas *current* MVSM dan *future* MVSM pada aktivitas *open work order*

Open Work Order	**Detail Aktivitas**	**Kategori Aktivitas**	**Durasi (*Hours*)**
Current MVSM	Menunggu informasi sampai ke Tim *Maintenance*	NVAUN	0.5
	Tim *Maintenance* membuat dokumen "*Work Order*"	VA	1
	Menunggu untuk *Assessment*	NVAUN	0.5
Future MVSM	Tim *Maintenance* membuat dokumen "*Work Order*"	VA	0.5
	Menunggu untuk *Assessment*	NVAUN	0.5

Setelah usulan-usulan langkah perbaikan telah dijabarkan di atas maka usulan model *future Maintenance Value Stream Mapping* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Future maintenance value stream mapping*

4.6. Analisa Perbandingan *Current Maintenance Value Stream Mapping* dan *Future Maintenance Value Stream Mapping* pada Apartemen X

Setelah membuat *future maintenance value stream mapping* maka peneliti akan membuat analisa perbandingan aktivitas VA, NVAN dan NVAUN pada *current maintenance value stream mapping* dan *future maintenance value stream mapping* pada Tabel 11 di bawah ini.

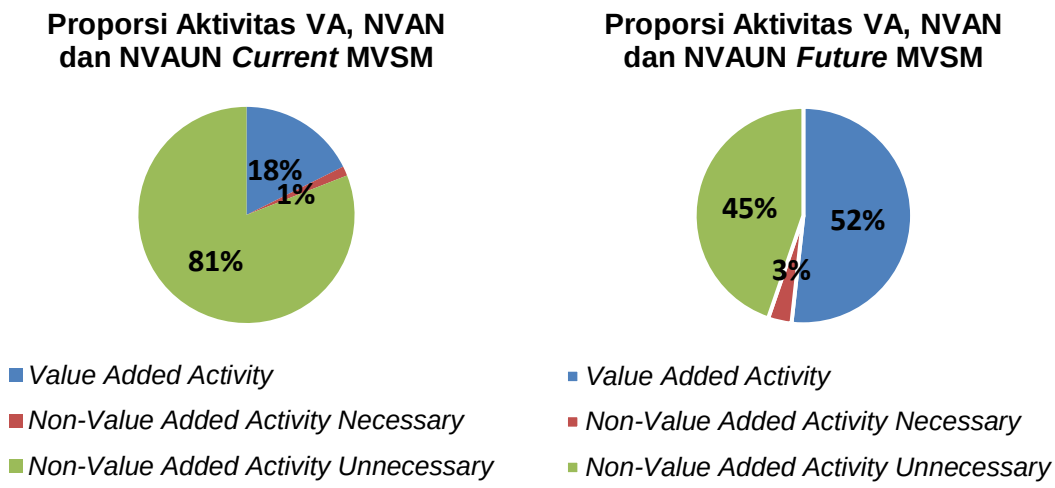
Tabel 11. Perbandingan *processes times* pada *current* MVSM dan *future* MVSM

Processes Times	**Current MVSM**	**Future MVSM**	**Improvement**
MTTO	184 *hours*	40 *hours*	78.26%
MTTR	24 *hours*	24 *hours*	-
MTTY	2 *hours*	2 *hours*	-
MMLT (MTTO + MTTR + MTTY)	210 *hours*	66 *hours*	68.57%
Maintenance Time Efficiency (MTTR/MMLT)	11.43%	36.36%	24.93%
Total Non-Value added Activity Necessary Time	3 *hours*	3 *hours*	-
Total Non-Value added Activity Unnecessary Time	170 *hours*	35.5 *hours*	79.12%
Total Value added Activity Time	37 *hours*	38.5 *hours*	-4.05%

Dari Tabel 11 diatas terdapat perbandingan antara *current* MVSM dengan usulan *future* MVSM. Dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan untuk persiapan sebelum pekerjaan *maintenance* di lapangan (*Mean Time To Order*) mengalami *improvement* yang sangat siginifikan dengan 184 jam pada *current* MVSM yang kemudian menjadi 40 jam pada *future* MVSM. Hal ini berarti *improvement* pada proses *Mean Time To Order* mencapai 78.26% dan hal ini sangatlah bagus mengingat bahwa proses *Mean Time To Order* ini dapat dikatakan ibarat sebuah "*monument*" yang memiliki total waktu jauh lebih besar daripada kategori proses yang lainnya. Untuk waktu pekerjaan *maintenance* di lapangan (*Mean Time to Repair*) dan waktu untuk memastikan bahwa pekerjaan *maintenance* telah selesai (*Mean Time to Yield*) tidak mengalami perubahan dari *current* MVSM.

Dengan berkurangnya waktu pada proses *Mean Time To Order* maka juga berdampak kepada *improvement* total waktu dalam 1 alur proses pekerjaan *maintenance* (*Mean Maintenance Lead Time*) dari yang sebelumnya 210 jam pada *current* MVSM menjadi 66 jam pada *future* MVSM. Dengan perubahan yang positif ini maka *improvement* pada *Mean Maintenance Lead Time* mencapai 68.57%. Dari keseluruhan data di atas membuat efisiensi waktu *maintenance* mengalami kenaikan dari yang sebelumnya 11.43% pada *current* MVSM meningkat menjadi 36.36% pada *future* MVSM.

Seiring dengan peningkatan kenaikan efisien waktu *maintenance* maka hal tersebut juga berarti juga mengurangi total waktu NVA baik itu waktu NVAN maupun NVAUN. Total waktu NVAUN mengalamai penurunan dari yang sebelumya 170 jam pada *current* MVSM menjadi 35.5 jam pada *future* MVSM. Hal ini berarti terdapat *improvement* pengurangan total waktu NVAUN sebanyak 79.12%. Namun juga terdapat kenaikan pada total waktu VA dari yang sebelumnya 37 jam pada *current* MVSM menjadi 38.5 jam pada *future* MVSM. Hal ini berarti terdapat peningkatan total waktu VA sebanyak 4.05%.. Kemudian peneliti juga membuat perbedaan grafik proporsi VA, NVAN dan NVAUN pada *current* MVSM dengan *future* MVSM yang dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Perbedaan proporsi aktivitas VA, NVAN dan NVAUN pada *current* MVSM dengan *future* MVSM

Pada Gambar 8 nampak perubahan yang sangat jelas antara proporsi total waktu VA, NVAN dan NVAUN pada *current* MVSM dengan *future* MVSM. Pada *current* MVSM, total waktu *Non-Value added Activity Unnecessary* (NVAUN) terlihat sangat dominan dengan sebanyak 81% dari total waktu *maintenance* sedangkan total waktu *Non-Value added Activity Necessary* (NVAN) dan *Value added Activity* (VA) masing-masing hanya 18% dan 1% dari total waktu pada 1 alur sistem *maintenance* pada Apartemen X. Hal tersebut berbeda dengan proporsi total waktu pada *future* MVSM dimana total waktu *Value added Activity* (VA) memiliki proporsi lebih banyak dengan prosentase 52% sedangkan total waktu *Non-Value added Activity Unnecessary* (NVAUN) memiliki proporsi yang lebih sedikit dengan prosentase 48%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pada *future* MVSM terjadi *improvement* yang baik dimana terdapat proporsi waktu VA yang lebih banyak sekaligus proporsi waktu NVAUN yang menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan *current* MVSM.

5. KESIMPULAN

Dalam mengevaluasi sistem *maintenance management* maka penggunaan pilar kedua (*waste identification*) *lean building maintenance* secara khusus metode *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) merupakan salah satu metode yang tepat. MVSM digunakan karena metode ini dapat menggambarkan secara lengkap alur sistem *maintenance* beserta durasi yang diperlukan pada tiap-tiap aktivitas untuk kemudian dilakukan evaluasi dan *waste* pada kondisi saat ini dapat dianalisa. Evaluasi tambahan dilakukan kepada aktivitas NVAUN dengan waktu terbesar menggunakan 5*Whys Analysis*. Setelah itu dapat dilakukan langkah perbaikan dengan mengatur ulang alur sistem *maintenance* melalui model *future* MVSM. Indikator utama keberhasilan MVSM disini adalah berkurangnya durasi pada 1 alur proses sistem maintenance (*Mean Maintenance Lead Time*).

Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Pada *current* MVSM, efisiensi waktu pada sistem *maintenance management* Apartemen X sangat buruk dengan prosentase tingkat efisiensi waktu *maintenance* berada di angka 11.43%. Efisisensi yang buruk tersebut sebagian besar berasal dari *waste* yang banyak

terjadi pada proses *Mean Time To Order* yaitu pada aktivitas *Procurement*, *Assessment*, dan *Open Work Order*.

- *Future* MVSM sebagai usulan sistem *maintenance management* Apartemen X dibuat dengan berdasarkan usulan perbaikan untuk mengurangi *waste* yaitu dengan mengalokasikan *petty cash* untuk kebutuhan divisi *maintenance* (aktivitas Procurement), menghapus authorisasi yang berlapis (aktivitas *Assessment* dan *Assessment Report*) serta melakukan digitalisasi dokumen dan informasi (aktivitas *Open Work Order*).

6. DAFTAR REFERENSI

Abreu, A., Calado, J., & Requeijo, J. (2016). “Buildings Lean Maintenance Implementation Model”. *Open Engineering*, *6*(1), 397-406. https://doi.org/10.1515/eng-2016-0055

Allen, D. (1993). “What is Building Maintenance?”. *Facilities*, *11*(3), 7-12. https://doi.org/10.1108/EUM0000000002230

Akcamete, A., Akinci, B., and Garrett, J.H. (2010). “Potential Utilisation of Building Information Models for Planning Maintenance Activities”. *The International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. Nottingham: W Tizani.

Hines, P. & Taylor, D. (2000). *Going Lean* (1st ed.). Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre.

Martin, C. (2013). *Maximized Value Stream Mapping*. APICS The Asscelation for Operations Management.

McManus, H. L. (2005). *Product Development Value Stream Mapping* (vol. I). Cambridge: Lean Aerospace Initiative.

Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). “Lean Maintenance Roadmap”. *Procedia Manufacturing* 2 (pp. 434–444). http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076

Mostafa, S. & Soltan, H. (2014). “Leanness and Agility within Maintenance Process”. *International Journal of Engineering Research & Technology* 3 (pp. 553–555). https://doi.org/ 10.17577/IJERTV3IS030283

Parry, G. & Turner, C.E. (2006). “Application of Lean Visual Process Management Tools”. *Production Planning Control, 17*(1), 77-86.

Rother, M. & Shook, J. (1998). *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute, Cambridge.

Serrat, O. (2017). *The Five Whys Technique*. Springer.

Silva, G.O. (2014). *Proposal of Methodology of Building Maintenance*. Monograph, University Center of Brasília, Brasília.