

Lampiran 1

Pengolahan data dengan menggunakan aplikasi POM

1. Mesin *Wheel Loader*

a. P0 (pemeliharaan *corrective* pada status 4 (kerusakan berat)).

	Initial	1	2	3	4
1	0	,25	,25	,25	,25
2	0	0	,5	,25	,25
3	0	0	0	,5	,5
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state transi				
	1	2	3	4
1	,3333	,1667	,25	,25
2	,3333	,1667	,25	,25
3	,3333	,1667	,25	,25
4	,3333	,1667	,25	,25
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,3333	,1667	,25	,25

b. P1 (pemeliharaan *corrective* pada status 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 3)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,25	,25	,25	,25
2	0	0	,5	,25	,25
3	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state transi				
	1	2	3	4
1	,2222	,4444	,1667	,1667
2	,2222	,4444	,1667	,1667
3	,2222	,4444	,1667	,1667
4	,2222	,4444	,1667	,1667
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,2222	,4444	,1667	,1667

- c. P2 (pemeliharaan *corrective* pada status 3, 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 2)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,25	,25	,25	,25
2	0	1	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state trans				
	1	2	3	4
1	,5714	,1429	,1429	,1429
2	,5714	,1429	,1429	,1429
3	,5714	,1429	,1429	,1429
4	,5714	,1429	,1429	,1429
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,5714	,1429	,1429	,1429

- d. P3 (pemeliharaan *corrective* pada status 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 2, 3)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,25	,25	,25	,25
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state trans				
	1	2	3	4
1	,5	,25	,125	,125
2	,5	,25	,125	,125
3	,5	,25	,125	,125
4	,5	,25	,125	,125
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,5	,25	,125	,125

e. P4 (pemeliharaan *corrective* pada status 3 dan 4)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,25	,25	,25	,25
2	0	0	,5	,25	,25
3	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state trans				
	1	2	3	4
1	,4444	,2222	,1667	,1667
2	,4444	,2222	,1667	,1667
3	,4444	,2222	,1667	,1667
4	,4444	,2222	,1667	,1667
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,4444	,2222	,1667	,1667

2. Mesin *Batching Plant*

- a. P0 (pemeliharaan *corrective* pada status 4 (kerusakan berat)).

	Initial	1	2	3	4
1	0	,2	,4	,2	,2
2	0	0	0	,333	,667
3	0	0	0	,667	,333
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state trans				
	1	2	3	4
1	,3124	,125	,3126	,25
2	,3124	,125	,3126	,25
3	,3124	,125	,3126	,25
4	,3124	,125	,3126	,25
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,3124	,125	,3126	,25

- b. P1 (pemeliharaan *corrective* pada status 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 3)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,2	,4	,2	,2
2	0	0	0	,333	,667
3	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state transi				
	1	2	3	4
1	,3126	,2812	,1562	,2501
2	,3126	,2812	,1562	,2501
3	,3126	,2812	,1562	,2501
4	,3126	,2812	,1562	,2501
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,3126	,2812	,1562	,2501

- c. P2 (pemeliharaan *corrective* pada status 3, 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 2)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,2	,4	,2	,2
2	0	1	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state transi				
	1	2	3	4
1	,5556	,2222	,1111	,1111
2	,5556	,2222	,1111	,1111
3	,5556	,2222	,1111	,1111
4	,5556	,2222	,1111	,1111
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,5556	,2222	,1111	,1111

- d. P3 (pemeliharaan *corrective* pada status 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 2, 3)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,2	,4	,2	,2
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state trans				
	1	2	3	4
1	,5	,3	,1	,1
2	,5	,3	,1	,1
3	,5	,3	,1	,1
4	,5	,3	,1	,1
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,5	,3	,1	,1

e. P4 (pemeliharaan *corrective* pada status 3 dan 4)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,2	,4	,2	,2
2	0	0	0	,333	,667
3	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
(untitled) Steady state trans				
	1	2	3	4
1	,4546	,1818	,1515	,2122
2	,4546	,1818	,1515	,2122
3	,4546	,1818	,1515	,2122
4	,4546	,1818	,1515	,2122
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,4546	,1818	,1515	,2122

3. Mesin *Truck Mixer*

- a. PO (pemeliharaan *corrective* pada kerusakan berat (status 4))

	Initial	1	2	3	4
1	0	,674	,152	,109	,065
2	0	0	,35	,35	,3
3	0	0	0	,667	,333
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results					
	1	2	3	4	
1	,4688	,1096	,2687	,1528	
2	,4688	,1096	,2687	,1528	
3	,4688	,1096	,2687	,1528	
4	,4688	,1096	,2687	,1528	
Ending number (given initial)	0	0	0	0	
Steady State probability	,4688	,1096	,2687	,1528	

- b. P1 (pemeliharaan *corrective* pada status 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 3)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,674	,152	,109	,065
2	0	0	,35	,35	,3
3	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results					
	1	2	3	4	
1	,3832	,3334	,1585	,1249	
2	,3832	,3334	,1585	,1249	
3	,3832	,3334	,1585	,1249	
4	,3832	,3334	,1585	,1249	
Ending number (given initial)	0	0	0	0	
Steady State probability	,3832	,3334	,1585	,1249	

- c. P2 (pemeliharaan *corrective* pada status 3, 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 2)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,674	,152	,109	,065
2	0	1	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
	1	2	3	4
1	,7542	,1146	,0822	,049
2	,7542	,1146	,0822	,049
3	,7542	,1146	,0822	,049
4	,7542	,1146	,0822	,049
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,7542	,1146	,0822	,049

- d. P3 pemeliharaan *corrective* pada status 4 dan pemeliharaan *preventive* pada status 2, 3)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,674	,152	,109	,065
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
	1	2	3	4
1	,6969	,1819	,076	,0453
2	,6969	,1819	,076	,0453
3	,6969	,1819	,076	,0453
4	,6969	,1819	,076	,0453
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,6969	,1819	,076	,0453

e. P4 (pemeliharaan *corrective* pada status 3, 4)

	Initial	1	2	3	4
1	0	,674	,152	,109	,065
2	0	0	,35	,35	,3
3	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0

Markov Analysis Results				
	1	2	3	4
1	,6411	,1499	,1224	,0866
2	,6411	,1499	,1224	,0866
3	,6411	,1499	,1224	,0866
4	,6411	,1499	,1224	,0866
Ending number (given initial)	0	0	0	0
Steady State probability	,6411	,1499	,1224	,0866

Lampiran 2

Data status mesin di PT.DEWI RATIH PUTERA

Data Status Mesin PT. DEWI RATIH PUTERA

No	Bulan	Nama Mesin	Keterangan	Jumlah
1	Januari	Wheel Loader	RR	$r/r=1$
		Batching Plant	RS	$s/b=1$
		Truck Mixer	RR	$r/r=7, r/s=4, r/b=4$
2	Februari	Wheel Loader	RB	$b/B=1$
		Batching Plant	B	$B/b=1$
		Truck Mixer	RR	$r/r=3, r/s=8, r/b=4$
3	Maret	Wheel Loader	RS	$s/B=1$
		Batching Plant	B	$B/s=1$
		Truck Mixer	RS	$s/s=11, s/b=4$
4	April	Wheel Loader	RR	$r/s=1$
		Batching Plant	RS	$s/s=1$
		Truck Mixer	RB	$b/B=7, B/B=8$
5	Mei	Wheel Loader	RR	$r/r=1$
		Batching Plant	B	$B/r=1$
		Truck Mixer	RR	$r/r=3, r/s=7, r/b=5$
6	Juni	Wheel Loader	B	$B/B=1$
		Batching Plant	RR	$r/s=1$
		Truck Mixer	RB	$b/B=9, B/B=6$
7	Juli	Wheel Loader	B	$B/r=1$
		Batching Plant	RR	$r/b=1$
		Truck Mixer	RR	$r/r=8, r/s=2, r/b=5$
8	Agustus	Wheel Loader	B	$B/b=1$
		Batching Plant	RB	$b/B=1$
		Truck Mixer	B	$B/r=7, B/s=5, B/b=3$
9	September	Wheel Loader	B	$B/s=1$
		Batching Plant	RS	$s/s=1$
		Truck Mixer	RS	$s/s=10, s/b=5$
10	Oktober	Wheel Loader	RB	$b/B=1$
		Batching Plant	B	$B/B=1$
		Truck Mixer	RB	$b/B=5, B/B=10$
11	November	Wheel Loader	RS	$s/s=1$
		Batching Plant	RR	$r/b=1$
		Truck Mixer	RB	$b/B=8, B/B=7$
12	Desember	Wheel Loader	RR	$r/b=1$
		Batching Plant	B	$B/r=1$
		Truck Mixer	RS	$s/s=9, s/b=6$

Kendal, 4 Maret 2019

PT. Dewi Ratih Putera

Pemud Sugiarno

Kepala Plant

PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN DENGAN MENGGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN UNTUK MENGURANGI BIAYA PEMELIHARAAN (Studi Kasus di PT. DEWI RATIH PUTERA)

Rizka Fajar Adi Darmawan, Akhmad Syakhroni, ST., M.Eng, Dr. Novi Marlyana, ST., MT

Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe KM.4 Semarang

rizkafajaradidarmawan@std.unissula.ac.id

Abstrak – PT. DEWIRATIHPUTERA adalah pabrik yang berfokus di bidang konstruksi dengan produk yang dihasilkan berupa ready mix concrete (cor) untuk beton. Yang berbasis pengerjaan tanah yang bekerja sama dengan proyek-proyek BUMN maupun milik pribadi sarana dan prasarana yang dimiliki antara lain: bulldozer, excavator, wheel loader, motor grader, truck mixer, dump truck, dan lain-lain, dan didukung oleh para operator dan mekanik yang sudah berpengalaman. Pada proses produksinya banyak menggunakan mesin-mesin agar mempermudah dalam memproduksi produknya. Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan adalah belum sesuainya jadwal kegiatan pemeliharaan mesin sehingga dalam proses pengaplikasiannya di mesin masih mengakibatkan tingginya biaya pemeliharaan yang dikeluarkan perusahaan. Oleh karena itu, dengan memakai metode markov chain dapat merencanakan waktu perawatan agar bisa mengurangi downtime sehingga dapat meminimumkan biaya perawatan. Dari hasil perhitungan di dapatkan usulan untuk perusahaan yaitu Untuk usulan I membutuhkan waktu selama 49,78 jam = 50 jam dan membutuhkan biaya pemeliharaan sebesar Rp. 16.984.605, jika disandingkan dengan anggaran yang selama ini dikeluarkan perusahaan sebesar Rp. 90.530.000 maka penghematan biayanya sebesar Rp. 73.545.395 (81,24%). Dengan penjadwalan masing-masing seperti mesin wheel loader setiap 14,00843742 jam = 14,009 jam, mesin batching plant setiap 16,60375061 jam = 16,604 jam, mesin truck mixer setiap 19,16842033 jam = 19,168 jam. Untuk penjadwalan usulan II membutuhkan waktu 26,62 jam = 27 jam dan membutuhkan biaya pemeliharaan sebesar Rp. 9.080.664, jika disandingkan dengan anggaran yang selama ini dikeluarkan Rp. 90.530.000 maka penghematan biayanya sebesar Rp. 81.449.336 (89,97%). Dengan penjadwalan masing-masing mesin seperti mesin wheel loader setiap 7,489483177 jam = 7,490 jam, mesin batching plant setiap 8,877043676 jam = 8,877 jam, mesin truck mixer setiap 10,24822093 jam = 10,248 jam. Ekspektasi biaya pemeliharaan terkecil pada usulan II sebesar Rp. 9.080.664 dan memiliki penghematan biaya apabila di bandingkan dengan perusahaan sebesar Rp. 90.530.000 sehingga memiliki penghematan sebesar Rp. 81.449.336 (89,97%) dengan kebijakan perawatan mesin yaitu P3 (pemeliharaan corrective pada status 4 dan pemeliharaan preventive pada status 2,3). Dengan penjadwalan masing-masing mesin seperti mesin wheel loader setiap 7,489483177 jam = 7,490 jam, mesin batching plant setiap 8,877043676 jam = 8,877 jam, mesin truck mixer setiap 10,24822093 jam = 10,248 jam.

Kata Kunci : PT. DEWI RATIH PUTERA, Perawatan Mesin, Markov Chain

Abstract - PT. DEWIRATIHPUTERA is a factory that focuses on construction. The product is ready mix concrete (cast) for concrete. Those based on earthworks in collaboration with BUMN projects and privately owned facilities and infrastructure include: bulldozers, excavators, wheel loaders, motor graders, mixer trucks, dump trucks, and others, and are supported by operators and experienced mechanic. In the production process, a lot of machines are used to make it easier to produce their products. The problem faced by the company is the unsuitable schedule for machine maintenance activities so that the application process on the machine still results in high maintenance costs incurred by the company. Therefore, using the markov chain method can plan maintenance time in order to reduce downtime so as to minimize maintenance costs. From the calculation results, we get a proposal for the company, namely for proposal I takes 49.78 hours = 50 hours and requires a maintenance fee of Rp. 16,984,605, if juxtaposed with the budget that has been issued by the company of Rp. 90,530,000 then the cost savings are Rp. 73,545,395 (81.24%). With each scheduling such as wheel loader machines every 14.00843742 hours = 14.009 hours, batching plant machines every 16.60375061 hours = 16.604 hours, truck mixer machines every 19.16842033 hours = 19.168 hours. For the second proposal scheduling takes 26.62 hours = 27 hours and requires a maintenance fee of Rp. 9,080,664, when juxtaposed with the budget that has been spent so far, Rp. 90,530,000 then the cost savings are Rp. 81,449,336 (89.97%). By scheduling each machine such as wheel loader every 7,489483177 hours = 7,490 hours, batching plant machines every 8,877043676 hours = 8,877 hours, truck mixer machines every 10,24822093 hours = 10,248 hours. The smallest expected maintenance cost on proposal II is Rp. 9,080,664 and has cost savings when compared to the company of Rp. 90,530,000 so it has a savings of Rp. 81,449,336 (89.97%) with a machine maintenance policy that is P3 (corrective maintenance at status 4 and preventive maintenance at status 2.3). By scheduling each machine such as wheel loader

every 7,489483177 hours = 7,490 hours, batching plant machines every 8,877043676 hours = 8,877 hours, truck mixer machines every 10,24822093 hours = 10,248 hours.

Keywords: PT. DEWIRATIH PUTERA, Machine Maintenance, Markov Chain

I. PENDAHULUAN

PT. DEWI RATIH PUTERA adalah pabrik yang berfokus di bidang konstruksi dengan produk yang dihasilkan berupa *Ready Mix Concrete* (cor) untuk beton. Yang berbasis pengerjaan tanah yang bekerja sama dengan proyek-proyek BUMN maupun milik pribadi. Kegiatannya antara lain meratakan, membentuk dan menimbun lahan kompleks perumahan, konstruksi jalan tol, bendungan, dan saluran irigasi, pembuatan jalan tambang reklamasi dan normalisasi sungai, pembuatan kanal, bandara, pelabuhan, kawasan industri, pembangkit listrik dan lain-lain. Pada proses produksinya banyak menggunakan mesin-mesin agar mempermudah dalam memproduksi produknya. Penggunaan mesin yang canggih merupakan salah satu solusi yang dipakai oleh perusahaan ini karena dengan menggunakan mesin canggih dapat mempermudah pada proses produksi. Mesin yang digunakan untuk proses produksi adalah *Truck Mixer*, *Batching Plant*, *Wheel Loader*.

Pada proses pertama yaitu menggunakan mesin *wheel loaders* digunakan sebagai mesin pengangkut bahan baku dari lokasi penyimpanan disalurkan ke bin. Untuk proses selanjutnya adalah menggunakan mesin *batching plant* digunakan sebagai tempat pencampuran pada saat proses produksi cor beton dengan jenis *wet mixed* dan untuk jenis *dry mixed batching plant* hanya berguna sebagai alat penimbang. Proses pencampurannya berada di dalam *truck mixer* dan nantinya akan didistribusikan ke lokasi proyek. Dari segi kegunaan sangat berbeda satu sama lain, untuk menunjang kelancaran proses produksi mesin harus dalam keadaan siap dan prima maka dari itu perlunya pemeliharaan secara rutin. Proses *maintenance* sangat berpengaruh terhadap biaya yang dikeluarkan. Mesin yang sering digunakan apabila memiliki pemeliharaan yang buruk akan sering mengalami kerusakan dan dapat mengganggu proses produksi. Pemeliharaan mesin itu harus menggunakan metode yang baik supaya terhindar dari biaya perawatan yang sangat tinggi.

Dari data di atas mesin *wheel loaders* memiliki *total downtime maintenance* sebesar 84,92 jam dengan jumlah yang dikeluarkan sebanyak Rp. 25.081.000, mesin *batching plant* memiliki *total downtime maintenance* sebesar 99,75 jam dengan jumlah yang dikeluarkan sebanyak Rp. 23.006.000 dan *total downtime truck mixer* sebesar 117,67 jam dengan jumlah yang dikeluarkan sebanyak Rp. 42.443.000. Dilihat dari tabel diatas *truck mixer* sering mengalami *maintenance*, namun jarak kerusakan antara mesin *wheel loaders*, *batching plant* dan *truck mixer* tidak begitu banyak, oleh karena itu untuk mengatasi ketiga mesin ini akan dilakukan perencanaan kebijakan pemeliharaan karena mesin tersebut memiliki tingkat kerusakan yang tinggi. Dari ketiga jenis mesin ini kerusakan mesinnya selalu berubah-ubah tiap bulannya. Apabila tidak dilakukan perawatan, mesin tersebut akan mengalami kerusakan, tapi jika terlalu sering dilakukan perawatan maka akan mengakibatkan terjadinya pembengkakan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan. Biaya pemeliharaan jika semakin tinggi akan menyebabkan kerugian bagi perusahaan, untuk itu perusahaan ingin meminimumkan biaya pemeliharaan. Setidaknya biaya pemeliharaan dapat turun antara 20% - 35% dari biaya sebelum dilakukan penjadwalan.

Kategori kerusakan mesin dibedakan menjadi 3 yaitu rusak ringan, rusak sedang, rusak berat. Pada rusak ringan alat produksi tetap bekerja dengan baik walaupun tiba-tiba terjadi kendala pada produksi. Untuk rusak sedang biasanya mesin masih bisa beroperasi tetapi dalam keadaan mengkhawatirkan. Sedangkan untuk rusak berat alat produksi tidak bisa digunakan sehingga produksi terhenti. Perawatan mesin produksi berguna untuk meminimalisir kerusakan yang akan terjadi secara tiba-tiba dan nantinya dapat menjami mesin tersebut tetap berkerja tanpa mengalami penurunan performa. Oleh sebab itu, pentingnya strategi perancangan pemeliharaan mesin yang dilaksanakan secara terjadwal nantinya akan mengurangi kegagalan mesin pada saat produksi. Untuk memberikan usulan perbaikan kebijakan pemeliharaan mesin, harus menggunakan perhitungan yang tepat dimana perhitungan tersebut dapat memperkirakan perubahan yang kemungkinan akan terjadi dimasa mendatang. Perhitungan dengan metode yang tepat diharapkan dapat memberikan solusi dalam merancang pemeliharaan mesin yang terstruktur yang nantinya bisa meminimalkan anggaran *maintenance*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk Untuk meminimumkan biaya pemeliharaan suatu perusahaan harus melakukan penjadwalan pemeliharaan ulang. Pemeliharaan tersebut berupa interval kegiatan pengecekan berkala yang di jadwalkan ulang atau pengecekan komponen-komponen yang dianggap fatal dan sangat mengganggu apa bila terjadi kerusakan. Untuk itu perlunya melakukan penjadwalan ulang dengan memakai metode *markov chain* agar dapat meminimumkan anggaran *maintenance* seperti penelitian yang dilakukan oleh Rudi Tri Hartanto dengan judul penelitian “perencanaan pemeliharaan mesin pompa gilingan saos dengan metode *markov chain* untuk minimasi biaya pemeliharaan (studi kasus : PT. Lombok gandaria, unit *maintenance*)” dengan hasil penelitian adalah pompa gilingan akan dilakukan *maintenance* setiap 1 bulan sesuai dengan hasil observasi. Kondisi ini dikarenakan mesin tersebut bekerja setiap hari dan hanya mati ketika tidak memproduksi. *Corrective maintenance* dilakukan di status agak berat dan didapatkan perubahan biaya Rp 11.490 sehingga menghemat Rp 23.897.

Ditinjau dari observasi lainnya dilakukan oleh Sinabariba, R. R dengan judul “Penerapan metode *markov chain* dalam perencanaan perawatan mesin untuk meminimumkan biaya perawatan (studi kasus : PTPN IV unit usaha adolina, dengan hasil penelitian adalah pemeliharaan harus dilakukan secara berkala supaya proses produksi dapat berjalan lancar dan tanpa

gangguan. Anggaran yang dikeluarkan Rp 912.037.697, setelah dilakukan pengolahan data dengan metode *markov chain* didapat usulan II Rp 124.806.232. sehingga diperoleh penghematan Rp 787.231.465 dan perawatan yang tepat setiap 0,8 bulan.

Dari observasi berikutnya yang dilakukan oleh Indra Irdianto & Suhartini dengan judul “Penggunaan metode *markov chain* dalam penjadwalan perawatan mesin untuk meminimalkan biaya kerusakan mesin dan perawatan mesin mill 303 di PT. Steel Pipe Industry Of Indonesia Unit 3” hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah anggaran yang dikeluarkan untuk kondisi rusak sedang dan berat Rp 548.437.272. anggaran *maintenance* usulan keadaan rusak ringan Rp 175.499.992, selisih dari anggaran perusahaan Rp 372.937.335 (68%). Keadaan rusak sedang Rp 241.312.393 dengan perbedaan dari anggaran perusahaan Rp 307.124.864 (56%), pada keadaan rusak berat Rp 76.781.215 dengan perbedaan dari anggaran perusahaan Rp 471.656.042 (86%). Dari hasil yang didapatkan penghematannya sangat banyak, jadi usulan tersebut bisa digunakan sebagai acuan dalam mengambil keputusan dan jadwal yang diusulkan yaitu setiap 0,4 bulan sebagai jadwal *maintenance* dengan syarat harus ada spare part cadangan.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Dimas Surya Maulana, Fourry Handoko, Emmalia Adriantantri dengan judul penelitian “perencanaan perawatan mesin dengan menggunakan metode *markov chain* di PT karyamitra Budisentosa Pandaan”. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah diperoleh pemeliharaan mesin stitching yang diusulkan berada di P3 dengan tindakan yang dilakukan adalah *corrective maintenance* pada kondisi rusak berat (status 4) serta *preventive maintenance* pada rusak ringan dan rusak sedang (status 2 dan 3) hasilnya adalah penghematan anggaran perawatan mesin *Stitching* Rp 678.600 atau 4,9% dari biaya perawatan yang dilakukan perusahaan yaitu dari Rp 13.759.000 / 6 bulan menjadi Rp 13.080.600 / 6 bulan.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Dyah Ika Permatasari, Said Salim Dahda, M. Zainuddin Fathoni dengan judul penelitian “perencanaan perawatan mesin filling dengan metode *markov chain* untuk meminimumkan biaya perawatan di PT Swabina gatra” hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah anggaran dana untuk usulan I Rp 7.490.472 dan butuh waktu *maintenance* 29 jam terjadi selisih Rp 14.600.678 (66%) dari anggaran riil Rp 22.091.150. anggaran dana untuk usulan II Rp 528.364 dan butuh waktu 2 jam terjadi selisih Rp 21.562.787 (97%) dari anggaran riil Rp 22.091.150. Alhasil usulan yang diberikan ke perusahaan adalah usulan II.

Dari *study literature* yang sudah dijelaskan metode yang tepat adalah metode *markov chain*. Karena dengan menggunakan metode ini peneliti dapat menjadwalkan pemeliharaan mesin sesuai dengan penghitungan masing-masing usulan dan sekaligus dapat menghitung minimasi biaya yang dikeluarkan apabila perusahaan menerapkan sistem penjadwalan pemeliharaan mesin sesuai dengan yang diperhitungkan menggunakan metode *markov chain*, dimana hasil dari minimasi biaya langsung dapat dilihat karena sudah diperhitungkan juga apabila penjadwalannya diterapkan di perusahaan.

III. LANDASAN TEORI

A. Pemeliharaan Atau *Maintenance* Mesin

pemeliharaan adalah kegiatan yang dilakukan untuk merawat alat-alat atau mesin-mesin yang menunjang proses produksi dengan tujuan mesin tersebut dapat beroperasi secara maksimal tanpa adanya gangguan. Kegiatan pemeliharaan membuat fasilitas penunjang produksi dapat berjalan secara maksimal tanpa mengalami penurunan performa pada saat mesin itu sedang bekerja. Sehingga proses produksi tidak terkendala dan sesuai dengan hasil yang sudah direncanakan sebelumnya. Selain tidak terkendalanya proses produksi kegiatan pemeliharaan secara rutin juga dapat menghasilkan keuntungan yang baik bagi perusahaan yaitu mengurangi biaya penggantian kerusakan komponen. Aktivitas yang dilakukan antara lain:

1. aktivitas memeriksa (*checking*).
2. aktivitas membersihkan (*cleaning*).
3. aktivitas melumasi (*lubrication*).
4. aktivitas membetulkan atau reparasi (*repairing*).
5. aktivitas mengganti *spare part* (*replacement*).
6. aktivitas kalibrasi mesin perkakas.

B. Jenis-Jenis Pemeliharaan

7. *Preventive maintenance*

Preventive maintenance atau sering dikenal *calendar based maintenance* merupakan perawatan dengan maksud untuk mencegah terjadinya kerusakan atau dengan kata lain perawatan pencegahan (*preventive*) sebelum terjadinya kerusakan yang berat

8. *Corrective maintenance*

Perawatan mesin yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi mesin atau proses reparasi mesin karena mengalami kerusakan yang menyebabkan penggantian komponen. Kegiatan ini dilakukan apabila terjadi kerusakan saja. Sehingga mesin tersebut dapat digunakan kembali untuk menunjang proses produksi.

9. Pemeliharaan Berjalan

Pemeliharaan yang dilakukan pada saat mesin produksi sedang melakukan proses produksi.

10. *Predictive Maintenance*

Pemeliharaan mesin yang berfungsi untuk mencari tahu apakah mesin mengalami kelainan fungsi atau mengalami kerusakan.

11. *Breakdown Maintenance*

Pemeliharaan yang dilakukan dengan fungsi memperbaiki atau reparasi yang direncanakan setelah munculnya kerusakan. Untuk menunjang pemeliharaan harus mempersiapkan komponen-komponen spare part dan tenaga ahli.

C. **Klasifikasi Kondisi Kerusakan**

Dalam pengolahan data nantinya akan menghitung probabilitas transisi, dimana sebelum dilakukan perhitungan itu kondisi mesin di kelompokkan menjadi 4 kelompok. Pengklasifikasiannya sebagai berikut :

5. Kondisi baik

Peralatan dibilang dalam kondisi baik apabila peralatan tersebut dapat menjalankan fungsinya seperti bisa digunakan untuk melakukan proses produksi tanpa terjadinya suatu kegagalan atau *failure*. Untuk menjaga kondisi mesin dalam keadaan baik perusahaan harus melakukan *preventive maintenance* secara rutin dan teratur. Kondisi baik ini disebut juga dengan status 1.

6. Kondisi kerusakan ringan

Peralatan dibilang dalam kondisi kerusakan ringan apabila peralatan tersebut masih bisa menjalankan fungsinya atau masih bisa beroperasi, namun sewaktu-waktu terjadi kerusakan atau gangguan dalam menjalankan fungsinya. Gangguan atau kerusakan yang terjadi relatif kecil sehingga anggaran maintenance tidak terlalu banyak. Kondisi kerusakan ringan ini disebut juga dengan status 2.

7. Kondisi kerusakan sedang

Peralatan dibilang dalam kondisi kerusakan sedang apabila peralatan tersebut masih bisa menjalankan fungsinya atau masih bisa beroperasi, namun kondisi mesin mengawatirkan. Kondisi kerusakan ringan ini disebut juga dengan status 3.

8. Kondisi kerusakan berat

Peralatan dibilang dalam kondisi kerusakan berat apabila peralatan tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya atau tidak bisa beroperasi. Apabila kerusakan berat terjadi maka proses produksi terhenti dan untuk proses reparasi mesin dapat berjalan lama. Kegiatan reparasi juga membutuhkan biaya yang banyak. Kondisi kerusakan berat disebut juga dengan status 4.

D. **Markov Chain (Rantai Markov)**

Rantai markov atau dikenal dengan proses markov adalah sistem stochastic yang memiliki sifat bahwa kejadian suatu state pada suatu periode tergantung pada dan hanya pada state. Data yang diperoleh secara periode sesuai selang waktu tertentu menurut tempat juga merupakan informasi mengenai kejadian-kejadian yang berubah menurut waktu. Dengan menggunakan markov chain dapat diprediksi langkah-langkah (gerakan) dari kejadian satu ke kejadian berikutnya dengan probabilitas.

E. **Proses Markov Chain**

Rantai markov merupakan teknik matematika yang berfungsi untuk melakukan perancangan modeling dari sistem yang bermacam-macam dan proses bisnis. Teknik ini berguna untuk memprakirakan perubahan-perubahan di kemudian hari dalam bentuk variabel dinamis dari masa lalu. Rantai markov sering digunakan dalam masalah maintenance. Tahapan proses stokastik $\{X_t\}$ ($t=0,1, \dots$) merupakan markov chain jika memiliki sifat markovian. Probabilitas bersyarat $P\{X_{t+1} = j | X_t = i\}$ untuk markov chain disebut probabilitas transisi (satu langkah) atau biasa dinamakan probabilitas transisi n -langkah. Untuk memudahkan dalam menulis biasa ditulis dalam bentuk matrik.

Tahapan proses stokastik $\{X_t\}$ ($t=0,1, \dots$) merupakan markov chain jika memiliki sifat markovian. Probabilitas bersyarat $P\{X_{t+1} = j | X_t = i\}$ untuk markov chain disebut probabilitas transisi (satu langkah) atau biasa dinamakan probabilitas transisi n -langkah. Untuk memudahkan dalam menulis biasa ditulis dalam bentuk matrik.

Tabel 4 Probabilitas Transisi N-Langkah

$$P^{(n)} =$$

State	0	1		M
0	$P_{ij}^{(n)}$	$P_{ij}^{(n)}$		$P_{ij}^{(n)}$
1	$P_{ij}^{(n)}$	$P_{ij}^{(n)}$		$P_{ij}^{(n)}$
.	.	.		
.	.	.		
M	$P_{ij}^{(n)}$	$P_{ij}^{(n)}$		$P_{ij}^{(n)}$

$$P^{(n)} =$$

State	0	1		M
0	$P_{00}^{(n)}$	$P_{01}^{(n)}$	...	$P_{0M}^{(n)}$
1	$P_{10}^{(n)}$	$P_{11}^{(n)}$	...	$P_{1M}^{(n)}$
...	...	...	...	...
M	$P_{M0}^{(n)}$	$P_{M1}^{(n)}$	...	$P_{MM}^{(n)}$

untuk $n = 0, 1, 2, \dots$ atau, ekuivalen dengan matriks transisi n -langkah

Perhatikan bahwa probabilitas transisi pada baris dan kolom tertentu adalah untuk transisi dari *state* baris ke *state* kolom. Ketika $n = 1$, kita buang *superscript* n dan menyebutnya hanya matrik transisi.

Untuk setiap rantai Markov *ergodik irreducible*, $\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^{(n)}$ ada dan independen terhadap i . Lebih lanjut lagi, $\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^{(n)} = \pi_j > 0$, dimana π_j memenuhi persamaan *steadystate* berikut:

$$\pi_j = \sum_{i=0}^M \pi_i p_{ij}, \text{ untuk } j = 0, 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=0}^m \pi_j = 1$$

atau dapat ditunjukkan dalam bentuk matrik,

$$\begin{bmatrix} \pi_0 \\ \pi_1 \\ \dots \\ \pi_m \end{bmatrix} = [\pi_1 \ \pi_2 \ \dots \ \pi_m] \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0m} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{m0} & P_{m1} & \dots & P_{mm} \end{bmatrix}$$

$$\pi_0 = \pi_0 P_{00} + \pi_1 P_{10} + \dots + \pi_m P_{m0}$$

$$\pi_1 = \pi_0 P_{01} + \pi_1 P_{11} + \dots + \pi_m P_{m1}$$

$$\dots = \dots + \dots + \dots + \dots$$

$$\pi_m = \pi_0 P_{0m} + \pi_1 P_{1m} + \dots + \pi_m P_{mm}$$

$$1 = \pi_0 + \pi_1 + \dots + \pi_m$$

F. Keputusan Markov

Pembuatan keputusan berguna untuk memberikan tindakan apa yang harus dilakukan jika tiba-tiba terjadi kerusakan di alat produksi. Dalam pengambilan keputusan harus sesuai dengan keadaan yang sedang terjadi. Keadaan atau kondisi mesin harus sesuai dengan keputusan apa yg harus diambil. Setelah dilakukan pemeriksaan kemudian mesin atau alat produksi dikelompokkan sebagai berikut:

Tabel 5 Kriteria Kondisi Mesin

Status	Kondisi
1	Baik
2	Kerusakan Ringan
3	Kerusakan Sedang
4	Kerusakan Berat

Keputusan yang diambil dalam menentukan perawatan adalah sebagai berikut :

Tabel 6 Jenis Keputusan

Keputusan	Tindakan yang dilakukan
1	Tidak dilakukan tindakan
2	Dilakukan pemeliharaan pencegahan (sistem kembali ke status sebelumnya)
3	Pemeliharaan korektif (sistem kembali ke status 1)

Sumber : (Hartono and Mas'udin, 2002)

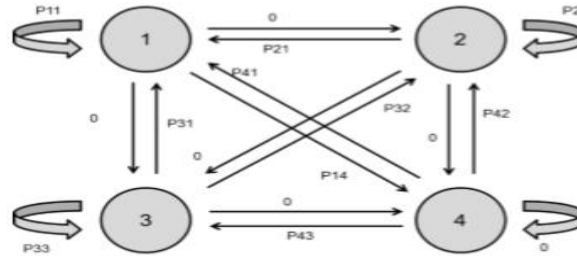
Tabel 7 Kebijakan Pemeliharaan

Kebijaksanaan	Keterangan	d1(P)	d2(P)	d3(P)	d4(P)
P1	Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 3	1	1	2	3
P2	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4, pemeliharaan pencegahan pada status 2	1	2	3	3
P3	Pemeliharaan korektif pada status 4, pemeliharaan pencegahan pada status 2 dan 3	1	2	2	3
P4	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4	1	1	3	3

Sumber : (Hartono and Mas'udin, 2002)

P1, P2, P3 dan P4 merupakan kebijakan usulan yang dilakukan sesuai dengan keadaan atau kondisi.

Apabila suatu unit ada di kondisi rusak ringan dan rusak sedang, maka unit itu tidak akan ke berubah ke kondisi baik atau bisa dibilang bahwa unit yang rusak ringan dan rusak sedang akan tetap ada di kondisi rusak ringan atau rusak sedang atau akan pindah ke kondisi rusak berat. Jika unit ada di kondisi rusak berat atau unit tersebut memburuk kondisinya sampai tahap pemeriksaan berikutnya, atau unit tersebut belum diperbaiki dan akan diperbaiki di tahap pemeriksaan selanjutnya. Dari pernyataan itu dapat gambarkan dengan skematis himpunan tertutup (Close Set) seperti dibawah ini :



Gambar 3 Skematis Himpunan Tertutup (Close Set)

keterangan :

1. menyatakan kondisi atau status 1 (baik)
2. menyatakan kondisi atau status 2 (rusak ringan)
3. menyatakan kondisi atau status 3 (rusak sedang)
4. menyatakan kondisi atau status 4 (rusak berat)

Sesuai dengan pendapat sebelumnya dapat dijelaskan bahwa mesin memiliki probabilitas transisi P_{ij} , yang menyatakan jika suatu mesin ada di status i maka di waktu selanjutnya akan pindah ke status j . Dari pernyataan itu biasa ditulis dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 8 Probabilitas Kerusakan

Status akhir (j) \ Status awal (i)	1 (j)	2 (j)	3 (j)	4 (j)
1	P11	P12	P13	P14
2	0	P22	P23	P24
3	0	0	P33	P34
4	1	0	0	0

Keterangan: 1 → jika dilakukan perbaikan

0 → jika tidak dilakukan perbaikan

Setelah menentukan probabilitas status akan ditentukan dulu transisi yang dapat dihitung dari proporsi total komponen yang mengalami transisi status. Kemudian dibentuk menjadi matrik transisi awal atau pemeliharaan usulan (P_0)

Tabel 9 Probabilitas Transisi Item Bulan Desember 2018-November 2019

Bulan	Status									
	P11	P12	P13	P14	P22	P23	P24	P33	P34	P44
Des18										
Jan19										
Feb19										
Mar19										
Apr19										
Mei19										
Jun19										
Jul19										
Agst19										
Sept19										
Okt19										
Nov19										
Jumlah										

Setelah menentukan probabilitas status akan ditentukan dulu transisi yang dapat dihitung dari proporsi total komponen yang mengalami transisi status. Matrik satu langkah item-i adalah usulan pemeliharaan:

Tabel 10 Matrik Transisi Satu Langkah Item – 0

$P_0 =$

j \ i	1	2	3	4
1	P11	P12	P13	P14
2	0	P22	P23	P24
3	0	0	P33	P34
4	1	0	0	0

$$\pi_j > 0$$

$$\pi_j = \sum_{i=1}^4 \pi_i P_{ij} \text{ untuk } j = 1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{j=1}^4 \pi_j = 1$$

$$\sum_{j=\{1,2,3,4\}} \pi_j = 1$$

$$\begin{bmatrix} \pi_1 \\ \pi_2 \\ \pi_3 \\ \pi_4 \end{bmatrix} = [\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 0 & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ 0 & 0 & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Catatan : $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$

Maka akan didapat persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 &= 1 \\ P_{11} \pi_1 + P_{41} \pi_4 &= \pi_1 \\ P_{12} \pi_1 + P_{22} \pi_2 &= \pi_2 \\ P_{13} \pi_1 + P_{23} \pi_2 + P_{33} \pi_3 &= \pi_3 \\ P_{14} \pi_1 + P_{24} \pi_2 + P_{34} \pi_3 &= \pi_4 \end{aligned}$$

G. Perencanaan Pemeliharaan *Markov Chain*

Agar bisa memperoleh perawatan yang lebih efisien dan bisa mengurangi anggaran maintenance. Maka akan diusulkan empat perencanaan pemeliharaan mesin yang nantinya akan dipilih jika memiliki anggaran terkecil, dari keempat usulan antara lain sebagai berikut :

1. Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 3.
2. Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 2.
3. Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 2 dan 3.
4. Pemeliharaan korektif pada status 3 dan status 4.

H. Analisa Biaya

Penentuan Dalam menentukan anggaran maintenance biaya pemeliharaan corrective dan pemeliharaan preventive yang di ambil pada saat adanya perawatan dan menitik beratkan biaya downtime. Dengan adanya penjadwalan perawatan pencegahan maka dapat menekan anggaran corrective maintenance dan emergensi maintenance sehingga anggaran yang dikeluarkan tidak membengkak. Berikut adalah anggaran-anggaran yang terjadi jika ada dan tidaknya perancangan pemeliharaan dalam suatu perusahaan.

1. Biaya *Downtime*

Karena ada sistem yang tidak menjalankan fungsinya secara maksimal yang disebabkan dari tidak sesuainya jadwal perawatan mengakibatkan hilangnya laba perusahaan hal ini disebut biaya downtime. Yang merupakan biaya downtime antara lain biaya operator, hilangnya hasil dari produksi dan lain-lain.

2. Anggaran *Corrective Maintenance*

Kerusakan adalah kondisi dimana suatu alat atau sistem tidak dapat melakukan tugasnya sebagai mana fungsinya, sehingga tidak ada output yang dikeluarkan. Dengan adanya kerusakan mengakibatkan adanya anggaran tambahan yang harus dikeluarkan untuk melakukan perbaikan. Untuk menanggulangnya harus diadakan penjadwalan pemeliharaan yang teratur supaya tidak terjadi kerusakan sewaktu-waktu. Untuk anggaran corrective maintenance ditulis dengan notasi $C2i$ untuk setiap item ke-i.

$$C2i = (\text{waktu rata-rata kerusakan perbulan} \times \text{biaya downtime per-jam})$$

3. Anggaran *Preventive Maintenance*

Anggaran yang akan digelontorkan untuk melakukan pemeliharaan pencegahan. Anggaran tersebut tergantung dengan jumlah mesin yang akan dilakukan pemeriksaan dan perbaikan. Biaya downtime adalah biaya yang akan dikorbankan karena dengan dilakukan preventive maintenance jam produksi akan terganggu dengan adanya perawatan. Anggaran preventive maintenance biasa ditulis dengan notasi $C1i$ untuk anggaran preventive item-i

$$C1i = (\text{waktu rata-rata kerusakan perbulan} \times \text{biaya downtime per-jam})$$

4. Anggaran Rata-Rata Ekspektasi

Sesuai dengan anggaran preventive maintenance dan corrective maintenance maka akan diperoleh anggaran di setiap mesin. Jika hasil yang diperoleh kemudian dikalikan dengan keadaan maka akan menghasilkan anggaran rata-rata ekspektasi untuk setiap perawatan.

$$E = \sum_{j=0}^{\infty} \pi_j C_j$$

$$= \pi_1 (....) + \pi_2 (....) + (....) + \pi_M (....)$$

IV. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ialah langkah-langkah penelitian saat melakukan sebuah penelitian atau pencarian solusi untuk mencari jalan keluar dari sehingga dapat berjalan dengan terstruktur, sistematis dan mempermudah dalam pengambilan kesimpulan dari hasil penelitian:

1. Studi pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan studi yang dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang ada pada objek penelitian. Studi pendahuluan dalam penelitian ini terdiri dari:

a. Studi Lapangan

Untuk mengetahui kondisi yang terjadi dilakukan studi lapangan terlebih dahulu. Pada penelitian ini yang menjadi objek adalah kerusakan mesin karena belum terjadwalnya pemeliharaan mesin yang sesuai.

b. Studi Literatur

Studi literatur merupakan studi yang digunakan untuk memperoleh sumber-sumber teori maupun sumber-sumber literature-literatur, penelitian terdahulu, jurnal, buku dan prosiding yang berhubungan dengan topik penelitian yang akan dilakukan.

c. Identifikasi dan perumusan masalah

Berdasarkan pendahuluan dan literatur, hal utama dalam penelitian ini adalah mengetahui mesin yang digunakan untuk proses produksi dan jenis kerusakan apa yang terjadi karena belum terjadwalnya pemeliharaan. sehingga peneliti dapat menentukan rumusan masalah untuk dipecahkan dengan menggunakan metode yang sesuai dengan permasalahan di awal.

d. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian merupakan arah yang akan dicapai oleh peneliti selama melaksanakan observasi guna mencapai arah dan maksud yang sesuai.

2. Pengumpulan Data

Datang untuk melihat langsung dan wawancara di PT. DEWI RATIH PUTERA merupakan cara untuk mengumpulkan data sebagai bahan dalam penelitian sehingga peneliti memiliki gambaran awal dan info perusahaan tentang kerusakan mesin produksi dan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Data yang digunakan dibagi menjadi 2 sumber yaitu :

a. Data Primer

Data ini didapatkan dari narasumber yang kompeten dibidangnya tanpa adanya perantara sebagai pemberi data. Pihak-pihak yang kompeten biasanya memiliki informasi-informasi mengenai apa saja yang terjadi di perusahaan, terutama pada bagian maintenance di PT. DEWI RATIH PUTERA. Untuk memperoleh informasinya dilakukan proses wawancara secara langsung tanpa adanya perantara.

b. Data Sekunder

Data ini merupakan data cadangan atau data yang didapat dari proses selain wawancara misalnya berupa file dokumen, nota-nota pengeluaran atau pemasukan dan lain sebagainya. Contoh dari data sekunder dalam observasi ini adalah berupa data nama dan jumlah mesin yang digunakan dalam proses produksi, data maintenance yang dilakukan dan lain sebagainya.

3. Pengolahan Data

Pengolahan data pada Perancangan Pemeliharaan Mesin dengan Menggunakan Metode *Markov Chain* Untuk Mengurangi Biaya Pemeliharaan, tahapannya sebagai berikut : menentukan transisi status mesin, menentukan probabilitas transisi awal, menentukan probabilitas transisi perawatan usulan, validasi hasil *steady state* antara pengolahan data dengan cara manual dan pengolahan data dengan aplikasi POM, menentukan biaya rata-rata perawatan mesin, menentukan biaya *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* perusahaan, menentukan biaya *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* usulan, mengidentifikasi dan melakukan perbandingan biaya perusahaan dan usulan, menentukan perencanaan penjadwalan pemeliharaan mesin berdasarkan metode *markov chain*, menganalisa dan mengevaluasi perencanaan penjadwalan pemeliharaan mesin.

4. Analisa dan Interpretasi Hasil

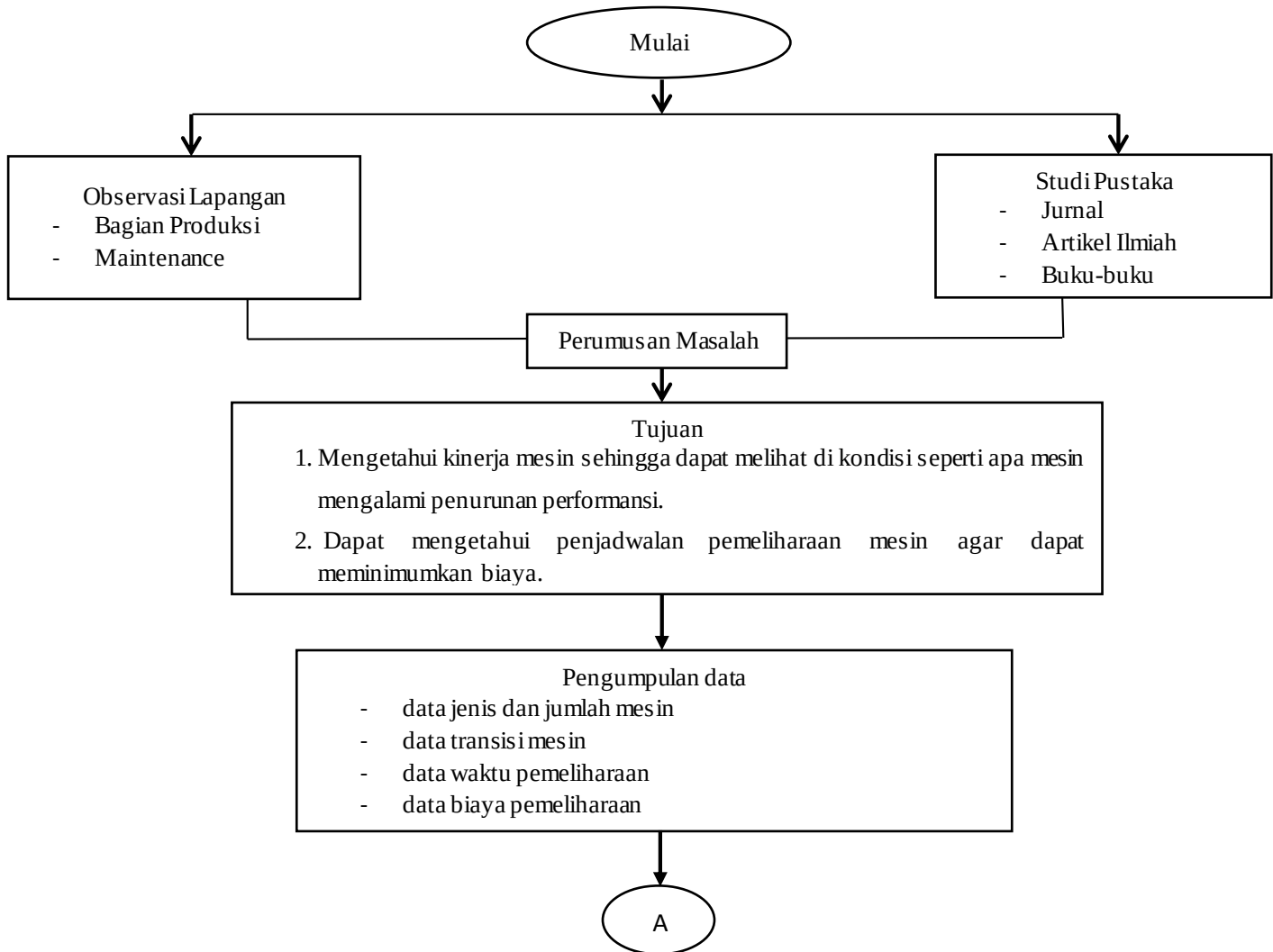
Pada tahap penelitian ini adalah menganalisa hasil penelitian yang telah dilakukan dan menjelaskan dari hasil pengolahan data sesuai dengan data serta dengan tujuan awal penelitian.

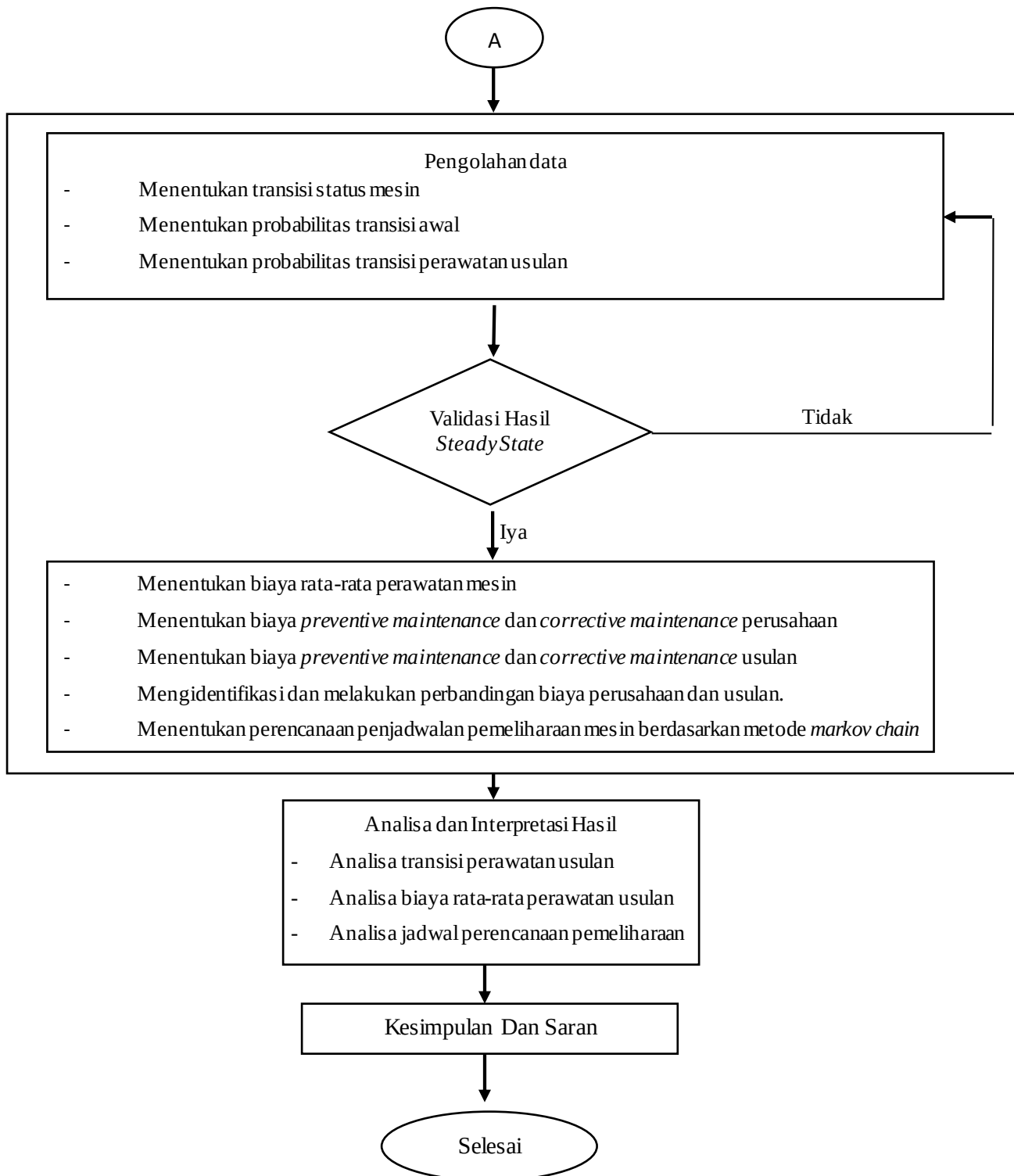
5. Pembuktian Hipotesa

Dilakukan pembuktian hipotesa berguna untuk mengetahui apakah penelitian yang sudah dikerjakan sesuai dengan hipotesa awal yang sudah telah ditetapkan.

6. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap penelitian ini merupakan tahap memberikan kesimpulan dari hasil penelitian dan pengolahan data serta memberikan saran yang baik bagi perusahaan dengan tujuan dapat memberikan manfaat dan perbaikan untuk dijadikan acuan pada pemesanan periode yang akan datang. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang digambarkan dalam bentuk *flowchart* :





Gambar 5 Metodologi Penelitian

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Mesin Yang Mengalami Perubahan Status

Data mesin yang mengalami perubahan status dari bulan desember 2018- november 2019, penentuan ini di rujuk dari hasil kesepakatan dikusi di tabel 4.9- 4.11.

a. Mesin *wheel loader*

Tabel 4.14 Data Perubahan Status *Wheel Loader*

Bulan	Kondisi (Status)									
	B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B
Desember	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Januari	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Februari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Maret	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
April	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Juni	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Agustus	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
September	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
November	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

b. Mesin *batching plant*

Tabel 4.15 Data Perubahan Status *Batching Plant*

Bulan	Kondisi (Status)									
	B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B
Desember	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Januari	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Februari	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Maret	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Mei	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Agustus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
September	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Oktober	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

c. Mesin *truck mixer*

Tabel 4.16 Data Perubahan Status *Truck Mixer*

Bulan	Kondisi (Status)									
	B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B
Desember	0	0	0	0	0	0	0	9	6	0
Januari	0	0	0	0	7	4	4	0	0	0
Februari	0	0	0	0	3	8	4	0	0	0
Maret	0	0	0	0	0	0	0	11	4	0
April	8	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Mei	0	0	0	0	3	7	5	0	0	0
Juni	6	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Juli	0	0	0	0	8	2	5	0	0	0
Agustus	0	7	5	3	0	0	0	0	0	0
September	0	0	0	0	0	0	0	10	5	0
Oktober	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5
November	7	0	0	0	0	0	0	0	0	8

B. Perhitungan Probabilitas Transisi Status Mesin

Dari data yang didapat sesuai dengan tabel 4.14 - 4.16, didapatkan probabilitas status mesin.

1. Mesin *wheel loader*

Tabel 4.17 Data Perubahan Status *Wheel Loader*

Bulan	Kondisi (Status)									
	B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B
Desember	0	0	0	0	0	0	1/4	0	0	0
Januari	0	0	0	0	1/4	0	0	0	0	0
Februari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/2
Maret	0	0	0	0	0	0	0	0	1/2	0
April	0	0	0	0	0	1/4	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0	1/4	0	0	0	0	0
Juni	1/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	1/4	0	0	0	0	0	0	0	0
Agustus	0	0	0	1/4	0	0	0	0	0	0
September	0	0	1/4	0	0	0	0	0	0	0
Oktober	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/2
November	0	0	0	0	0	0	0	1/2	0	0
Jumlah	0,250	0,250	0,250	0,250	0,500	0,250	0,250	0,500	0,500	1

2. Mesin *batching plant*

Tabel 4.18 Data Perubahan Status *Batching Plant*

Bulan	Kondisi (Status)									
	B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B
Desember	0	1/5	0	0	0	0	0	0	0	0
Januari	0	0	0	0	0	0	0	0	1/3	0
Februari	0	0	0	1/5	0	0	0	0	0	0
Maret	0	0	1/5	0	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0	1/3	0	0
Mei	0	1/5	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	1/3	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	1/3	0	0	0
Agustus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
September	0	0	0	0	0	0	0	1/3	0	0
Oktober	1/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0	1/3	0	0	0
Jumlah	0,2	0,4	0,2	0,2	0	0,333	0,667	0,667	0,333	1

3. Mesin *truck mixer*

Tabel 4.19 Data Perubahan Status *Truck Mixer*

Bulan	Kondisi (Status)									
	B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B
Desember	0	0	0	0	0	0	0	9/45	6/45	0
Januari	0	0	0	0	7/60	4/60	4/60	0	0	0
Februari	0	0	0	0	3/60	8/60	4/60	0	0	0
Maret	0	0	0	0	0	0	0	11/45	4/45	0
April	8/46	0	0	0	0	0	0	0	0	7/29
Mei	0	0	0	0	3/60	7/60	5/60	0	0	0
Juni	6/46	0	0	0	0	0	0	0	0	9/29
Juli	0	0	0	0	8/60	2/60	5/60	0	0	0
Agustus	0	7/46	5/46	3/46	0	0	0	0	0	0
September	0	0	0	0	0	0	0	10/45	5/45	0
Oktober	10/46	0	0	0	0	0	0	0	0	5/29
November	7/46	0	0	0	0	0	0	0	0	8/29
Jumlah	0,674	0,152	0,109	0,065	0,350	0,350	0,300	0,667	0,333	1

Keterangan di tabel 4.17 :

- r/b pada bulan Desember : $\frac{\text{perubahan status pada mesin (tabel 4.13)}}{\sum \text{mesin pada kondisi } r/r.r/s.r/b} = 1/4$
- r/r pada bulan Januari : $\frac{\text{perubahan status pada mesin (tabel 4.13)}}{\sum \text{mesin pada kondisi } r/r.r/s.r/b} = 1/4$
- b/B pada bulan Februari : $\frac{\text{perubahan status pada mesin (tabel 4.13)}}{\sum \text{mesin pada kondisi } b/B} = 1/2$
- s/b pada bulan Maret : $\frac{\text{perubahan status pada mesin (tabel 4.13)}}{\sum \text{mesin pada kondisi } s/s.s/b} = 1/2$

Untuk keterangan di tabel 4.18 dan tabel 4.19 sama.

- Probabilitas Transisi Item 1 kondisi baik (B/r), Juli = $1/4 = 0,250$
- Probabilitas Transisi Item 1 kondisi baik (B/s), September = $1/4 = 0,250$
- Probabilitas Transisi Item 1 kondisi baik (B/b), Agustus = $1/4 = 0,250$
- Probabilitas Transisi Item 1 kondisi ringan (r/r), Januari + Mei = $1/4 + 1/4 = 0,500$

Untuk keterangan di tabel 4.18 dan tabel 4.19 sama.

C. Perhitungan Matrik Probabilitas Transisi Usulan I Mesin Produksi

Matriks probabilitas transisi usulan I (P0) Pemeliharaan korektif pada kondisi 4 untuk menentukan probabilitas *steady state* untuk jangka panjang pada masing-masing mesin.

1. Mesin *wheel loader*

Tabel 4.20 Matriks Probabilitas Transisi (P0) Mesin *Wheel Loader*

j \ i	1	2	3	4
1	0,250	0,250	0,250	0,250
2	0	0,500	0,250	0,250
3	0	0	0,500	0,500
4	1	0	0	0

$$\begin{bmatrix} \pi_1 \\ \pi_2 \\ \pi_3 \\ \pi_4 \end{bmatrix} = [\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] \begin{bmatrix} 0,250 & 0,250 & 0,250 & 0,250 \\ 0 & 0,500 & 0,250 & 0,250 \\ 0 & 0 & 0,500 & 0,500 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Catatan : $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$

Maka akan didapat persamaan sebagai berikut:

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

$$0,250 \pi_1 + \pi_4 = \pi_1$$

$$0,250 \pi_1 + 0,500 \pi_2 = \pi_2$$

$$0,250 \pi_1 + 0,250 \pi_2 + 0,500 \pi_3 = \pi_3$$

$$0,250 \pi_1 + 0,250 \pi_2 + 0,500 \pi_3 = \pi_4$$

Penyelesaian persamaan di atas adalah :

$$0,250 \pi_1 + \pi_4 = \pi_1$$

$$\begin{aligned}
 \pi_4 &= \pi_1 - 250 \pi_1 \\
 \pi_4 &= 0,750 \pi_1 \\
 0,250 \pi_1 + 0,500 \pi_2 &= \pi_2 \\
 0,250 \pi_1 &= 1 - 0,500 \pi_2 \\
 0,250 \pi_1 &= 0,500 \pi_2 \\
 \pi_2 &= 0,250 \pi_1 / 0,500 \\
 \pi_2 &= 0,5 \pi_1 \\
 0,250 \pi_1 + 0,250 \pi_2 &+ 0,500 \pi_3 = \pi_3 \\
 0,250 \pi_1 + 0,250 (0,5 \pi_1) &= 1 - 0,500 \pi_3 \\
 0,250 \pi_1 + 0,125 \pi_1 &= 0,5 \pi_3 \\
 0,375 \pi_1 &= 0,5 \pi_3 \\
 \pi_3 &= 0,375 \pi_1 / 0,5 \\
 \pi_3 &= 0,75 \pi_1 \\
 \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 &= 1 \\
 \pi_1 + 0,5 \pi_1 + 0,75 \pi_1 + 0,75 \pi_1 &= 1 \\
 3 \pi_1 &= 1 \\
 \pi_1 &= 1 / 3 = 0,333 \\
 \pi_1 = 0,333 &\quad \pi_2 = 0,167 \quad \pi_3 = 0,25 \quad \pi_4 = 0,25
 \end{aligned}$$

2. Mesin *batching plant*

Tabel 4.21 Matriks Probabilitas Transisi (P0) Mesin *Batching Plant*

i \ j	1	2	3	4
1	0,2	0,4	0,2	0,2
2	0	0	0,333	0,667
3	0	0	0,667	0,333
4	1	0	0	0

Diperoleh dari perhitungan yang sama dengan mesin sebelumnya maka didapatkan

$$\pi_1 = 0,313 \quad \pi_2 = 0,125 \quad \pi_3 = 0,313 \quad \pi_4 = 0,25$$

3. Mesin *truck mixer*

Tabel 4.22 Matriks Probabilitas Transisi (P0) Mesin *Truck Mixer*

i \ j	1	2	3	4
1	0,674	0,152	0,109	0,065
2	0	0,350	0,350	0,300
3	0	0	0,667	0,333
4	1	0	0	0

Diperoleh dari perhitungan yang sama dengan mesin sebelumnya maka didapatkan

$$\pi_1 = 0,469 \quad \pi_2 = 0,110 \quad \pi_3 = 0,269 \quad \pi_4 = 0,153$$

Tabel 4.23 Probabilitas *Steady State* Mesin

Kegiatan Pemeliharaan	Probabilitas P0 (manual)				Probabilitas P0 (POM)				Ket
	Baik	Ringan	Sedang	Berat	Baik	Ringan	Sedang	Berat	
<i>Wheel Loader</i>	0,333	0,167	0,25	0,25	0,3333	0,1676	0,25	0,25	Valid
<i>Batching Plant</i>	0,313	0,125	0,313	0,25	0,3124	0,125	0,3126	0,25	Valid
<i>Truck Mixer</i>	0,469	0,110	0,269	0,153	0,4688	0,1096	0,2687	0,1528	Valid

D. Perhitungan Matrik Probabilitas Transisi Usulan II Mesin Produksi

Untuk mendapatkan jadwal pemeliharaan yang lebih baik, maka diusulkan perencanaan pemeliharaan metode Markov Chain yang didapat dari probabilitas transisi status mesin, yang kemudian dibuat matriks probabilitas transisi usulan sesuai tindakan yang dilakukan untuk menentukan probability steady state untuk jangka panjang pada masing-masing mesin.

1. Mesin *wheel loader*

1. P1 (Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 3)

Tabel 4.24 Matriks Probabilitas Usulan P1 Mesin *Wheel Loader*

i \ j	1	2	3	4
1	0,250	0,250	0,250	0,250
2	0	0,500	0,250	0,250
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

Diperoleh dari perhitungan yang sama dengan mesin sebelumnya maka didapatkan

$$\pi_1 = 0,222 \quad \pi_2 = 0,444 \quad \pi_3 = 0,167 \quad \pi_4 = 0,167$$

2. P2 (Pemeliharaan korektif pada status 3, 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2.

Tabel 4.25 Matriks Probabilitas Usulan P2 Mesin *Wheel Loader*

i \ j	1	2	3	4
1	0,250	0,250	0,250	0,250
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Diperoleh dari perhitungan yang sama dengan mesin sebelumnya maka didapatkan

$$\pi_1 = 0,571 \quad \pi_2 = 0,143 \quad \pi_3 = 0,143 \quad \pi_4 = 0,143$$

3. P3 (Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2, 3)

Tabel 4.26 Matriks Probabilitas Usulan P3 Mesin *Wheel Loader*

i \ j	1	2	3	4
1	0,250	0,250	0,250	0,250
2	1	0	0	0
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

Diperoleh dari perhitungan yang sama dengan mesin sebelumnya maka didapatkan

$$\pi_1 = 0,5 \quad \pi_2 = 0,25 \quad \pi_3 = 0,125 \quad \pi_4 = 0,125$$

4. P4 (Pemeliharaan korektif pada status 3, 4)

Tabel 4.27 Matriks Probabilitas Usulan P4 Mesin *Wheel Loader*

i \ j	1	2	3	4
1	0,250	0,250	0,250	0,250
2	0	0,500	0,250	0,250
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Diperoleh dari perhitungan yang sama dengan mesin sebelumnya maka didapatkan
 $\pi_1 = 0,444$ $\pi_2 = 0,222$ $\pi_3 = 0,167$ $\pi_4 = 0,167$

2. Mesin *batching plant*

1. P1

Tabel 4.28 Matriks Probabilitas Usulan P1 Mesin *Batching Plant*

i \ j	1	2	3	4
1	0,2	0,4	0,2	0,2
2	0	0	0,333	0,667
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

2. P2

Tabel 4.29 Matriks Probabilitas Usulan P2 Mesin *Batching Plant*

i \ j	1	2	3	4
1	0,2	0,4	0,2	0,2
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

3. P3

Tabel 4.30 Matriks Probabilitas Usulan P3 Mesin *Batching Plant*

i \ j	1	2	3	4
1	0,2	0,4	0,2	0,2
2	1	0	0	0
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

4. P4

Tabel 4.31 Matriks Probabilitas Usulan P4 Mesin *Batching Plant*

i \ j	1	2	3	4
1	0,2	0,4	0,2	0,2
2	0	0	0,333	0,667
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

2. Mesin *truck mixer*

1. P1

2. P2

Tabel 4.32 Matriks Probabilitas Usulan P1 Mesin *Truck Mixer*

i \ j	1	2	3	4
1	0,674	0,152	0,109	0,065
2	0	0,350	0,350	0,300
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

Tabel 4.33 Matriks Probabilitas Usulan P2 Mesin *Truck Mixer*

i \ j	1	2	3	4
1	0,674	0,152	0,109	0,065
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

3. P3

Tabel 4.34 Matriks Probabilitas Usulan P3 Mesin *Truck Mixer*

i \ j	1	2	3	4
1	0,674	0,152	0,109	0,065
2	1	0	0	0
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

4. P4

Tabel 4.33 Matriks Probabilitas Usulan P2 Mesin *Truck Mixer*

i \ j	1	2	3	4
1	0,674	0,152	0,109	0,065
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Untuk perhitungan mesin *batching plant* dan *truck mixer* sama dengan proses perhitungan dimesin *wheel loader* sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.36 Probabilitas Steady State Mesin *Wheel Loader*

Kegiatan Pemeliharaan	Probabilitas (manual)				Probabilitas (POM)				Ket
	Baik	Ringan	Sedang	Berat	Baik	Ringan	Sedang	Berat	
P1	0,222	0,444	0,167	0,167	0,2222	0,4444	0,1667	0,1667	Valid
P2	0,571	0,143	0,143	0,143	0,5714	0,1429	0,1429	0,1429	Valid
P3	0,5	0,25	0,125	0,125	0,5	0,25	0,125	0,125	Valid
P4	0,444	0,222	0,167	0,167	0,4444	0,2222	0,1667	0,1667	Valid

Tabel 4.37 Probabilitas Steady State Mesin *Batching Plant*

Kegiatan Pemeliharaan	Probabilitas (manual)					Probabilitas (POM)				Ket
	Baik	Ringan	Sedang	Berat		Baik	Ringan	Sedang	Berat	
P1	0,313	0,282	0,157	0,25		0,3126	0,2812	0,1562	0,2501	Valid
P2	0,556	0,222	0,111	0,111		0,5556	0,2222	0,1111	0,1111	Valid
P3	0,5	0,3	0,1	0,1		0,5	0,3	0,1	0,1	Valid
P4	0,455	0,182	0,152	0,213		0,4546	0,1818	0,1515	0,2122	Valid

Tabel 4.38 Probabilitas Steady State Mesin *Truck Mixer*

Kegiatan Pemeliharaan	Probabilitas (manual)					Probabilitas (POM)				Ket
	Baik	Ringan	Sedang	Berat		Baik	Ringan	Sedang	Berat	
P1	0,383	0,333	0,159	0,125		0,3832	0,3334	0,1585	0,1249	Valid
P2	0,754	0,115	0,082	0,049		0,7542	0,1146	0,0822	0,049	Valid
P3	0,697	0,182	0,076	0,045		0,6969	0,1819	0,076	0,0453	Valid
P4	0,641	0,15	0,122	0,087		0,6411	0,1499	0,1224	0,0866	Valid

Setelah didapatkan probabilitas *steady state* maka langkah berikutnya akan dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan aplikasi POM. Jika hasilnya valid maka akan di lanjutkan dengan langkah berikutnya yaitu perhitungan biaya dan perhitungan untuk penjadwalan pemeliharaan mesin.

E. Perhitungan Biaya Pemeliharaan

Dalam melakukan perhitungan biaya pemeliharaan mesin dibutuhkan data waktu pemeliharaan korektif dan preventif juga data biaya pemeliharaan korektif dan preventif.

1. Kondisi perusahaan

a. Mesin *wheel loader*

- Biaya pemeliharaan korektif = waktu pemeliharaan korektif × biaya downtime korektif

= 74,67 jam/tahun X Rp. 295.500,00

= Rp. 22.064.000

- Biaya pemeliharaan preventif = waktu pemeliharaan preventif × biaya downtime preventif

= 10,25 jam/tahun X Rp. 294.341,46

= Rp. 3.017.000

- Biaya pemeliharaan perusahaan

= Biaya pemeliharaan korektif + Biaya pemeliharaan preventif

= Rp. 22.064.000+ Rp. 3.017.000

= Rp. 25.081.000

b. Mesin *batching plant*

- Biaya pemeliharaan korektif = waktu pemeliharaan korektif × biaya downtime korektif

= 88,5 jam/tahun X Rp. 236.316,38

= Rp. 20.914.000

- Biaya pemeliharaan preventif = waktu pemeliharaan preventif × biaya downtime preventif

= 11,25 jam/tahun X Rp. 185.955,56

= Rp. 2.092.000

- Biaya pemeliharaan perusahaan

= Biaya pemeliharaan korektif + Biaya pemeliharaan preventif

= Rp. 20.914.000 + Rp. 2.092.000

= Rp. 23.006.000

c. Mesin *truck mixer*

- Biaya pemeliharaan korektif = waktu pemeliharaan korektif × biaya downtime korektif

$$= 102,17 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp. } 399.187,63$$

$$= \text{Rp. } 40.785.000$$

- Biaya pemeliharaan preventif = waktu pemeliharaan preventif $\times$ biaya downtime preventif

$$= 15,5 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp. } 106.967,74$$

$$= \text{Rp. } 1.658.000$$

- Biaya pemeliharaan perusahaan

= Biaya pemeliharaan korektif + Biaya pemeliharaan preventif

$$= \text{Rp. } 40.785.000 + \text{Rp. } 1.658.000$$

$$= \text{Rp. } 42.443.000$$

Jadi total keseluruhan biaya pemeliharaan 3 mesin yang dikeluarkan perusahaan selama bulan Desember 2018 – November 2019 adalah $\text{Rp. } 25.081.000 + \text{Rp. } 23.006.000 + \text{Rp. } 42.443.000 = \text{Rp. } 90.530.000$

2. Pemeliharaan Usulan I ($Tc2$)

Biaya rata-rata ekspektasi pemeliharaan usulan I (pemeliharaan korektif pada status 4) menggunakan metode markov chain.

a. Mesin *wheel loader*

Biaya rata-rata ekspektasi = probabilitas steady state $\times$ biaya pemeliharaan korektif

$$P_0 = 0,333 (0) + 0,167 (0) + 0,25 (0) + 0,25 (0) = \text{Rp. } 22.064.000$$

$$P_0 = \text{Rp. } 5.516.000$$

Untuk mesin *batching plant* dan *truck mixer* perhitungannya menggunakan rumus yang sama dengan mesin *wheel loader* sehingga mendapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

Total biaya pemeliharaan usulan I

= mesin *wheel loader* + mesin *batching plant* + mesin *truck mixer*

$$= \text{Rp. } 5.516.000 + \text{Rp. } 5.228.500 + \text{Rp. } 6.240.105 = \text{Rp. } 16.984.605$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui total biaya pemeliharaan perusahaan sebesar Rp 16.984.605

3. Pemeliharaan Usulan II ($Tc3$)

Dari keempat usulan akan didapatkan total biaya pemeliharaan dengan metode *markov chain* pada Desember 2018 sampai dengan November 2019.

a. Mesin *wheel loader*

• P_1 (Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 3)

$$= 0,222 (0) + 0,444 (0) + 0,167 (\text{Rp. } 3.017.000) + 0,167 (\text{Rp. } 22.064.000) = \text{Rp. } 4.188.527$$

• P_2 (Pemeliharaan korektif pada status 3, 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2)

$$= 0,571 (0) + 0,143 (\text{Rp. } 3.017.000) + 0,143 (\text{Rp. } 22.064.000) + 0,143 (\text{Rp. } 22.064.000) = \text{Rp. } 6.741.735$$

• P_3 (Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2, 3)

$$= 0,5 (0) + 0,25 (\text{Rp. } 3.017.000) + 0,125 (\text{Rp. } 3.017.000) + 0,125 (\text{Rp. } 22.064.000) = \text{Rp. } 3.889.375$$

• P_4 (Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4)

$$= 0,444 (0) + 0,222 (0) + 0,167 (\text{Rp. } 22.064.000) + 0,167 (\text{Rp. } 22.064.000) = \text{Rp. } 7.369.376$$

Dari perhitungan di atas didapat biaya rata-rata ekspektasi yang paling rendah terletak pada pemeliharaan usulan P_3 (Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2, 3) sebesar Rp 3.889.375

Untuk mesin *batching plant* dan *truck mixer* perhitungannya menggunakan rumus yang sama dengan mesin *wheel loader* sehingga mendapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

Total biaya pemeliharaan usulan II

= mesin *wheel loader* + mesin *batching plant* + mesin *truck mixer*

$$= \text{Rp. } 3.889.375 + \text{Rp. } 2.928.200 + \text{Rp. } 2.263.089 = \text{Rp. } 9.080.664$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui total biaya pemeliharaan perusahaan sebesar Rp 9.080.664

F. Penghematan Biaya

Setelah meninjau biaya pemeliharaan kondisi perusahaan ($Tc1$) pada Desember 2018 sampai dengan November 2019 untuk keseluruhan mesin produksi yang diidentifikasi, biaya rata-rata ekspektasi pemeliharaan usulan I ($Tc2$), dan biaya rata-rata ekspektasi pemeliharaan minimum dari pemeliharaan usulan II ($Tc3$) pada keadaan Steady State dari Desember 2018 sampai dengan November 2019 untuk keseluruhan mesin yang diidentifikasi. Maka dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 4.39 Penghematan Biaya Pemeliharaan

	Total biaya pemeliharaan (<i>wheel loader, batching plant, truck mixer</i>)	Penghematan (dari kondisi perusahaan)
Biaya Pemeliharaan Kondisi Perusahaan (<i>Tc1</i>)	Rp. 90.530.000	
Ekspektasi biaya pemeliharaan usulan I (<i>Tc2</i>)	Rp. 16.984.605	Rp. 73.545.395 (81,24%)
Ekspektasi biaya pemeliharaan usulan II (<i>Tc3</i>)	Rp. 9.080.664	Rp. 81.449.336 (89,97%)

- G. Perencanaan Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Menggunakan Metode *Markov Chain*
Pemeliharaan kerusakan mesin *wheel loader, batching plant* dan *truck mixer* pada kondisi perusahaan dalam 12 bulan memerlukan waktu 265,34 jam didapat dari penjumlahan waktu total pemeliharaan korektif untuk mesin *wheel loader, batching plant* dan *truck mixer*.

Tabel 4.40 Data Waktu Pemeliharaan Korektif

No	Jenis Mesin	Pemeliharaan Korektif (Jam/Tahun)
1	<i>Wheel Loader</i>	74,67
2	<i>Batching Plant</i>	88,5
3	<i>Truck Mixer</i>	102,17
Jumlah		265,34

Pemeliharaan mesin yang diidentifikasi untuk kondisi perusahaan dan pemeliharaan usulan I menggunakan metode markov chain selama 1 tahun memerlukan waktu sebagai berikut:

$$= \frac{\sum \text{biaya pemeliharaan usulan I}}{\sum \text{biaya pemeliharaan perusahaan}} \times \sum \text{waktu pemeliharaan}$$

$$= \frac{\text{Rp.16.984.605}}{\text{Rp.90.530.000}} \times 265,34 \text{ jam}$$

= 49,78 jam = 50 jam

Jadi pemeliharaan mesin mesin membutuhkan waktu selama 50 jam dan membutuhkan biaya pemeliharaan sebesar Rp. 16.984.605

Dengan perencanaan penjadwalan pemeliharaan sebagai berikut:

a. Perencanaan jadwal pemeliharaan untuk mesin *wheel loader*:

$$= \frac{\sum \text{biaya pemeliharaan usulan I}}{\sum \text{biaya pemeliharaan perusahaan}} \times \sum \text{waktu pemeliharaan}$$

$$= \frac{\text{Rp.16.984.605}}{\text{Rp.90.530.000}} \times 74,67 \text{ jam} = 14,009 \text{ jam}$$

Jadi pemeliharaan dilakukan setiap 14,009 jam

Untuk perencanaan jadwal pemeliharaan untuk mesin *batching plant* dan *truck mixer* diperoleh dengan menggunakan langkah perhitungan yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut. Untuk mesin *batching plant* pemeliharaan dilakukan setiap 16,604 jam, untuk mesin *truck mixer* dilakukan pemeliharaan setiap 19,168 jam. Dan penjadwalan pemeliharaan usulan ke II menggunakan rumus yang sama didapatkan hasil Untuk mesin *wheel loader* pemeliharaan dilakukan setiap 7,490 jam, untuk mesin *batching plant* dilakukan pemeliharaan setiap 8,877 jam, untuk mesin *truck mixer* dilakukan pemeliharaan setiap 10,248 jam

VI. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk usulan I membutuhkan waktu selama 49,78 jam = 50 jam dan anggaran dana yang dikeluarkan sebanyak Rp. 16.984.605. proses maintenance masing-masing seperti mesin *wheel loader* setiap 14,00843742 jam = 14,009 jam, mesin *batching plant* setiap 16,60375061 jam = 16,604 jam, mesin *truck mixer* setiap 19,16842033 jam = 19,168 jam. Untuk penjadwalan usulan II membutuhkan waktu 26,62 jam = 27 jam dan anggaran dana yang dikeluarkan sebanyak Rp. 9.080.664. proses maintenance masing-masing mesin seperti mesin *wheel loader* setiap 7,489483177 jam = 7,490 jam, mesin *batching plant* setiap 8,877043676 jam = 8,877 jam, mesin *truck mixer* setiap 10,24822093 jam = 10,248 jam.

2. Kebijakan yang di diterapkan di usulan I adalah pemeliharaan korektif pada status 4 (kerusakan berat). Untuk masing-masing mesin seperti mesin wheel loader biaya pemeliharaan sebesar Rp 5.516.000, mesin batching plant biaya pemeliharaan sebesar Rp 5.228.500 dan mesin truck mixer biaya pemeliharaan sebesar Rp 6.240.105.
3. Kebijakan yang diterapkan di usulan II ada 4 kebijakan yaitu :
 - P1 (Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 3)
 - P2 (Pemeliharaan korektif pada status 3, 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2)
 - P3 (Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2, 3)
 - P4 (Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4)Dari ke-4 kebijakan akan menghasilkan ekspektasi biaya pemeliharaan di masing-masing mesin. Ekspektasi pemeliharaan mesin wheel loader untuk P1 = Rp 4.188.527, P2 = Rp 6.741.735, P3 = Rp 3.889.375, P4 = Rp 7.369.376. Ekspektasi pemeliharaan mesin batching plant untuk P1 = Rp. 5.556.944, P2 = Rp. 5.107.332, P3 = Rp. 2.928.200, P4 = Rp. 7.633.610. Ekspektasi pemeliharaan mesin truck mixer untuk P1 = Rp 5.361.747, P2 = Rp 5.533.505, P3 = Rp 2.263.089, P4 = Rp 8.483.280. Dari ke-4 kebijakan yang terpilih adalah yang mempunyai biaya ekspektasi pemeliharaan terkecil untuk di usulkan di perusahaan yaitu P3.
4. Penghematan yang dihasilkan setelah menghitung ekspektasi biaya pemeliharaan apabila dibandingkan dengan biaya perusahaan sebagai berikut :
 - Ekspektasi biaya pemeliharaan usulan I sebesar Rp. 16.984.605 jika dibandingkan biaya yang selama ini dikeluarkan perusahaan sebesar Rp. 90.530.000 maka penghematan biayanya sebesar Rp. 73.545.395 (81,24%)
 - Ekspektasi biaya pemeliharaan usulan II sebesar Rp. 9.080.664 jika dibandingkan biaya yang selama ini dikeluarkan perusahaan sebesar Rp. 90.530.000 maka penghematan biayanya sebesar Rp. 81.449.336 (89,97%).

VII. SARAN

Setelah dilakukan penelitian, dibawah ini merupakan saran yang diberikan oleh peneliti, yaitu sebagai berikut :

1. Setelah melakukan berbagai perhitungan pengolahan data usulan yang akan di berikan ke perusahaan adalah usulan II karena memiliki ekspektasi biaya pemeliharaan terkecil (Rp. 9.080.664) dan memiliki penghematan biaya apabila di bandingkan dengan perusahaan (Rp. 90.530.000) usulan II memiliki penghematan yang terbesar yakni (Rp. 81.449.336 (89,97%)) dengan kebijakan perawatan mesin yaitu P3 (Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2, 3). Dengan penjadwalan masing-masing mesin seperti mesin wheel loader setiap 7,489483177 jam = 7,490 jam, mesin batching plant setiap 8,877043676 jam = 8,877 jam, mesin truck mixer setiap 10,24822093 jam = 10,248 jam.
2. Berdasarkan hasil penelitian kebijakan yang harus dilakukan agar dapat memenuhi syarat untuk estimasi biaya, perusahaan harus melakukan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2, 3, dimana perusahaan harus segera mengganti komponen atau spare part apabila mesin produksi mengalami kerusakan berat selain itu perusahaan harus melakukan tindakan pemeliharaan preventif atau pencegahan apabila mesin mengalami kerusakan ringan dan sedang supaya mesin tidak berubah kondisi status kerusakannya menjadi kerusakan berat.
3. Usulan yang diajukan ke PT. DEWI RATIH PUTERA bisa digunakan sebagai acuan pada perancangan penjadwalan pemeliharaan mesin agar dapat meminimumkan biaya pemeliharaan.

VIII. Daftar Pustaka

- [1] Hartanto, R. T. (2014) 'Perencanaan Pemeliharaan Mesin Pompa Gilingan Saus Dengan Metode Markov Chain Untuk Minimasi Biaya Pemeliharaan (Studi Kasus : PT. Lombok Gandaria, Unit Maintenance)'.
[2] Hartono, M. and Mas'udin, I. (2002) 'Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Markov Chain Guna Menurunkan Biaya Perawatan'.
[3] Irdianto, I. (2019) 'PENGUNAAN METODE MARKOV CHAIN DALAM PENJADWALAN PERAWATAN MESIN UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA KERUSAKAN MESIN DAN PERAWATAN MESIN MILL 303', 2(September 2017), pp. 11–17.
[4] Maulana, D. S., Handoko, F. and Adriantantri, E. (2018) 'PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN MENGGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN DI PT. KARYAMITRA BUDISENTOSA', pp. 1–4.
[5] Permatasari, D. I., Dahda, S. S. and Fathoni, M. Z. (2018) 'Perencanaan Perawatan Mesin Filling dengan Metode Markov Chain Untuk Meminimumkan Biaya Perawatan di PT. Swabina Gatra', Matrik, 678, pp. 1–11.
[6] Pudji, E. and Fahma, I. (2012) 'Perencanaan Pemeliharaan Mesin dengan Menggunakan Metode Markov Chain Untuk Mengurangi Biaya Pemeliharaan di PT. Philips Indonesia'.
[7] Sinabariba, R. R. (2017) 'Penerapan Metode Markov Chain Dalam Perencanaan Perawatan Mesin Untuk Meminimumkan Biaya Perawatan (Studi kasus : PTPN IV Unit Usaha Aldolina)'.

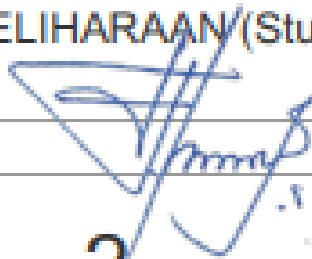
Semarang, 31 Agustus 2020
Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

Akhmad Syakhroni, ST., M.Eng

Dosen Pembimbing II

Dr. Novi Marlyana, ST., MT

PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN DENGAN
MENGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN UNTUK
MENGURANGI BIAYA PEMELIHARAAN (Studi Kasus di PT.
DEWI RATIH PUTERA)



Digitally signed by Akhmad Syakhroni,
ST, M.Eng.
DN: cn=Akhmad Syakhroni, ST, M.Eng.,
o=Universitas Islam Sultan Agung,
ou=Fakultas Teknologi Industri,
email=syakhroni@unissula.ac.id, c=ID
Date: 2020.10.10 01:37:18 +07'00'

ORIGINALITY REPORT

14%	12%	2%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.upnjatim.ac.id Internet Source	5%
2	repository.usu.ac.id Internet Source	2%
3	pa-muarabungo.go.id Internet Source	2%
4	eprints.umg.ac.id Internet Source	2%
5	Gonzalo García-Ros, Iván Alhama, Manuel Cánovas. "Use of discriminated nondimensionalization in the search of universal solutions for 2-D rectangular and cylindrical consolidation problems", Open Geosciences, 2018 Publication	1%
6	text-id.123dok.com Internet Source	1%

7	"Populationsbeschreibende Untersuchungen", Springer-Lehrbuch, 2006	1%
Publication		

8	Submitted to Universitas Islam Malang	1%
Student Paper		

Exclude quotes	Off	Exclude matches	< 1%
Exclude bibliography	On		