

Bab 4

Pengumpulan dan Pengolahan Data

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

4.1.1 Sejarah dan Perkembangan PT. Waskita Beton Precast

PT Waskita Karya merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki peran dalam pembangunan negara. PT Waskita Karya berdiri sejak tanggal 1 Januari 1961, dimana awalnya perusahaan ini berasal dari sebuah perusahaan Belanda yang bernama “*Volker Aannemings Maatschaapij NV*”. Berdasarkan keputusan Pemerintah No.62/1961 mengambil alih PT Waskita Karya yang awalnya hanya berhubungan dengan air seperti reklamasi, pengerukan pelabuhan dan irigrasi.

PT Wasita Beton Precast merupakan anak dari perusahaan PT Waskita Karya (Persero), dimana awalnya perusahaan ini menjadi divisi Precast PT Waskita Karya yang beroperasi mulai 1 Januari 2013, namun saat 7 Oktober 2014 perusahaan tersebut berdiri menjadi salah satu plant pembuatan beton precast dan *readymix*. Perusahaan ini banyak terlibat dalam berbagai kegiatan pembangunan yang lebih luas seperti jalan raya, jembatan, pelabuhan, bandar udara, pabrik semen dan fasilitas *industry* lainnya. Sebagai bukti perusahaan Waskita mengerjakan berbagai proyek yaitu pembuatan jalan tol Benoa pada tahun 2013, proyek Becakayu dan jalan tol Pejagan-Pemalang tahun 2014, proyek jalan tol Solo-Kertosono tahun 2015 dan proyek Jalan tol Cimanggis-Cibitung tahun 2016.

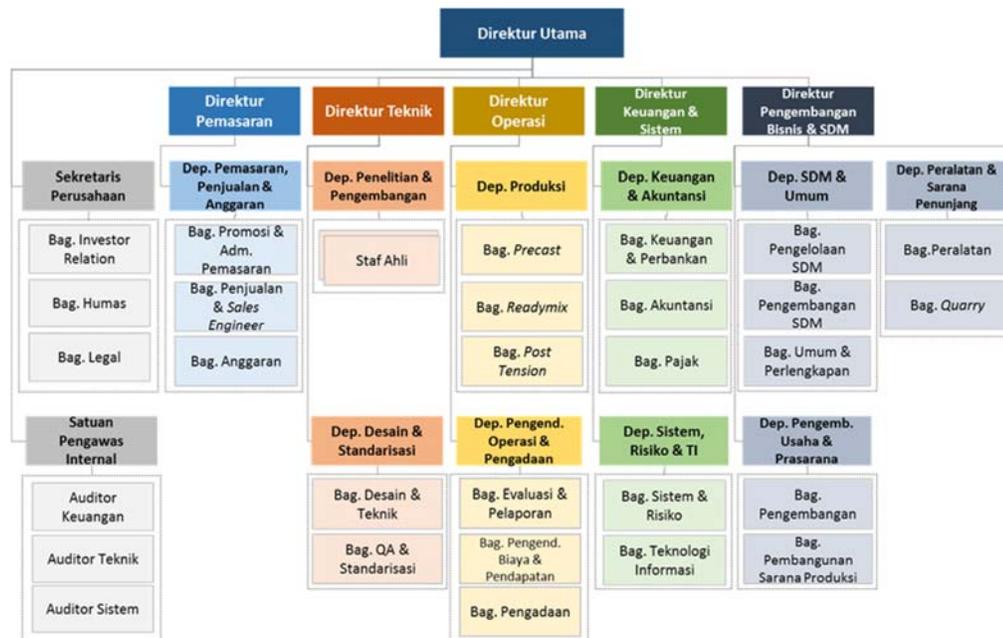
Perkembangan yang sangat pesat di tahun 2016 membawa perusahaan ini menambah kapasitas produksi dari 800000 ton menjadi 2650000 ton, terciptanya 10 plant dan 41 batching plant yang tersebar di pulau Jawa, Sumatera dan Sulawesi. 10 Plant yang didirikan untuk proses produksi yaitu Precast plant Karawang, Plant Cibitung, Plant Sadang, Plant Sidoarjo, Plant Subang, Plant Kalijati, Plant Bojonegara, Plant Klaten dan 2 Plant di Palembang (Soekarno Hatta dan Gasing).

PT Waskita Beton Precast plant Subang didirikan pada tahun 2016 dan menjadi salah satu plant pembuatan beton precast dan *ready mix*. Proses pemindahan operasional di bawah Management PT. Waskita Beton Precast terjadi pada bulan Maret 2016 dan mulai produksi tanggal 9 Mei 2016. Luas lahan Plant Subang yaitu ± 8 Hektar dengan kapasitas produksi seluas 300000 ton/tahun. Plant Subang terdiri dari pabrik Spun Pile, Pabrik *Sheet Pile* dan PCI Girder serta *stockyard*. Lokasi Plant Subang berada di Jl. Raya Purwadadi KM 1, Ds. Kaliangsana Kec. Kalijati Kab. Subang Jawa Barat.

4.1.2 Struktur Organisasi

4.1.2.1 Struktur Organisasi PT Waskita Karya (Persero)

Struktur organisasi pusat PT Waskita Karya (Persero) dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Waskita Karya (Persero)

4.1.2.2 Struktur Organisasi PT Waskita Beton Precast (WSBP)

Struktur organisasi salah satu anak perusahaan PT Waskita Karya (Persero) yaitu PT Waskita Beton Precast Plant Subang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT Waskita Beton Precast Plant Subang

4.1.3 Visi, Misi dan Budaya Perusahaan

Visi, Misi dan Budaya Perusahaan PT Waskita Karya (Persero) yaitu:

1. Visi perusahaan PT Waskita Karya (Persero) yaitu menjadi perusahaan terdepan di Indonesia dalam bidang manufaktur precast, ready mix, quarry, jasa konstruksi dan *postension precast concrete*.
2. Misi perusahaan PT Waskita Karya (Persero) yaitu:
 - a. Menjadikan sumber daya manusia yang memiliki kompeten dan juga keahlian dalam bidang *industry precast, ready mix, quarry, jasa konstruksi dan postension precast concrete*.
 - b. Menjalin hubungan yang baik dengan pihak-pihak yang berkontribusi terhadap kemajuan perusahaan.
 - c. Memanfaatkan teknologi informasi dalam mencapai daya saing.
3. Budaya perusahaan PT Waskita Karya (Persero) yaitu IPTEX (*Integrity, Profesionalism, Teamwork, Excellence*).

4.2 Pengumpulan Data

4.2.1 Data Permintaan Produk

4.2.1.1 Data Demand

Perusahaan PT Waskita Beton Precast Plant Subang merupakan salah satu anak perusahaan yang memproduksi beton terbesar di Indonesia. Terdapat produk yang akan dijadikan objek penelitian di PT Waskita Beton Precast Plant Subang yaitu Spun Pile karena tingginya permintaan yang harus dipenuhi perusahaan. Data jumlah permintaan produk Spun Pile pada bulan Januari 2017 sampai dengan Desember 2017 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Demand

Produk Spun Pile			
Periode	Demand	Periode	Demand
1	2025	7	1845
2	1890	8	2160
3	2115	9	1935
4	1890	10	2160
5	2025	11	2025
6	1350	12	1755
Total			23175

4.2.1.2 Jam Kerja Karyawan

Hari kerja karyawan PT Waskita Beton Precast Plant Subang yaitu mulai hari Senin sampai dengan hari Sabtu, sementara untuk hari Minggu merupakan hari libur yang biasanya digunakan untuk membersihkan lantai produksi. Adapun jam kerja di PT Waskita Beton Precast Plant Subang sebagai berikut:

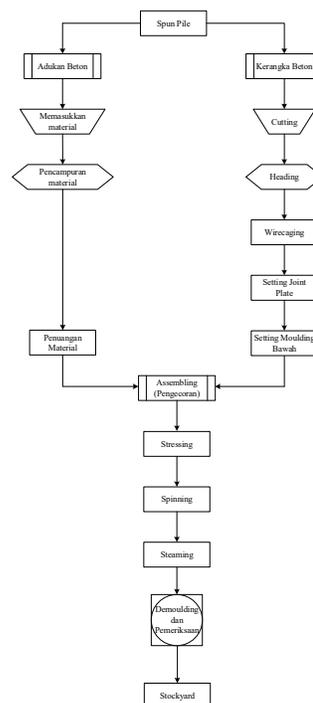
1. Karyawan Kantor memiliki hari dan jam kerja:
 - a. Senin-Jumat dengan jam kerja pukul 08.00 – pukul 17.00.
 - b. Sabtu dengan jam kerja pukul 08.00 – pukul 14.00.
 - c. Waktu istirahat setiap hari kerja dimulai pukul 12.00 sampai dengan pukul 13.00
2. Karyawan Operasional memiliki dua *shift* yaitu:
 - a. *Shift* I memiliki hari dan jam kerja sebagai berikut:

- i. Senin-Jumat dan jam kerja pukul 07.00 – pukul 18.00.
 - ii. Sabtu dengan jam kerja pukul 07.00 – pukul 14.00.
 - iii. Waktu istirahat setiap hari kerja dimulai pukul 12.00 sampai dengan pukul 13.00
- b. *Shift* II memiliki hari dan jam kerja sebagai berikut:
- i. Senin – Sabtu dan jam kerja pukul 19.00 – pukul 06.00.
 - ii. Waktu istirahat setiap hari kerja dimulai pukul 00.00 sampai dengan pukul 01.00.

4.2.2 Aliran Proses Produksi

4.2.2.1 Proses Produksi Spun Pile Keseluruhan

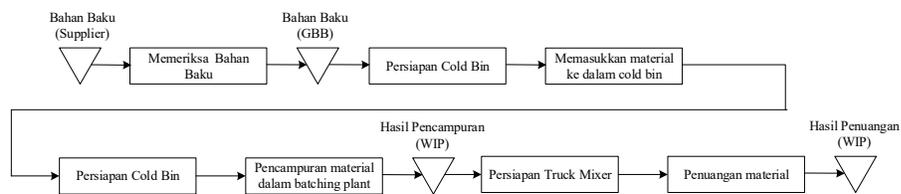
Pembuatan Spun Pile di PT Waskita Beton Precast Plant Subang yaitu melakukan *assembling* antara kerangka beton dengan adukan beton. Proses *assembling* tersebut dinamakan pengecoran yang selanjutnya dilakukan proses *stressing*, *spinning*, *steaming*, *demoulding* dan dikirim ke *stock yard*. Lebih jelasnya aliran proses produksi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Aliran Proses Produksi

4.2.2.2 Proses Adukan Beton

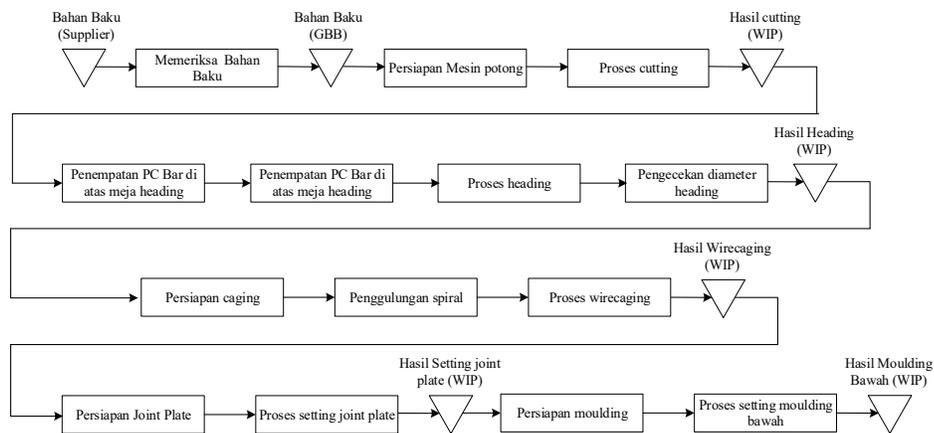
Proses adukan beton memiliki tiga sub proses untuk menghasilkan *output* yaitu pemasukan material, pencampuran material dan penuangan material. Material (pasir, batu split dan semen) awalnya dimasukkan ke dalam *cold bin* untuk diukur kecukupan material sesuai standar atau belum. Selanjutnya dilakukan pencampuran material dengan mesin batching dan terakhir penuangan ke dalam truck mixer untuk di transfer ke bagian pengecoran (WIP). Proses produksi adukan beton secara lebih detail akan dijelaskan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses Adukan Beton

4.2.2.3 Proses Kerangka Beton

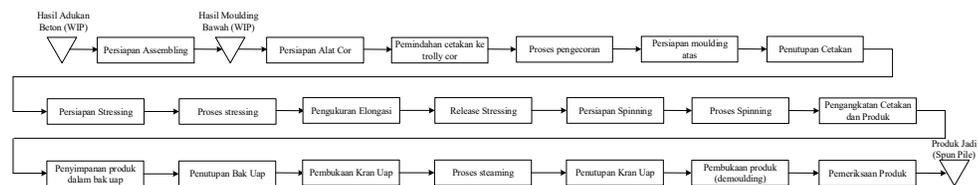
Proses kerangka beton memiliki lima sub proses diantaranya cutting, heading, wirecaging, setting joint plate dan setting moulding bawah. Cutting merupakan proses awal yaitu pemotongan PC Bar (WIP) dilanjutkan dengan pembuatan heading pada PC Bar yang sudah dipotong (WIP), setelah itu penggulangan spiral dan hasil heading menjadi wirecaging (WIP). Selanjutnya melakukan *setting* antara joint plate dengan moulding bawah. Gambaran umum proses produksi adukan beton secara lebih detail akan dijelaskan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Proses Kerangka Beton

4.2.2.4 Proses *Assembling* (Pengecoran)

Proses pengecoran merupakan *assembling* antara adukan beton dengan kerangka beton sebelum akhirnya dilakukan proses *stressing*, proses *spinning*, proses *steaming* dan *demoulding*. Proses pengecoran sampai menjadi *Spun Pile* secara lebih detail akan dijelaskan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Proses *Assembling*

4.2.3 Data Waktu Siklus

Pengumpulan data waktu siklus dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung sebanyak 30 kali menggunakan metode jam henti. Data waktu yang diukur adalah waktu operator normal. Semua proses memiliki distribusi dari waktu yang dihasilkan. Data yang telah dikumpulkan kemudian dicari rata-ratanya sebagai acuan dalam pembuatan *current state value stream mapping*. Data waktu siklus semua proses dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Waktu Siklus Masing-Masing Proses Dalam Pembuatan *Spun Pile*

Waktu \ Mesin	<i>Cutting</i>	<i>Heading</i>	<i>Caging</i>	<i>Setting joint plate</i>	<i>Moulding</i>	<i>Ngemix batching</i>
1	264	286	465	232	343	286
2	247	284	473	246	340	304
3	268	283	461	239	373	282
4	253	292	470	243	333	275
5	257	285	483	220	247	308
6	264	278	473	237	325	288
7	255	283	512	213	365	282
8	258	293	472	239	342	304
9	262	296	474	246	297	276
10	277	287	461	239	302	295

Tabel 4.2 Waktu Siklus Masing-Masing Proses Dalam Pembuatan Spun Pile

Mesin Waktu	<i>Cutting</i>	<i>Heading</i>	<i>Caging</i>	<i>Setting joint plate</i>	<i>Moulding</i>	<i>Ngemix batching</i>
11	271	294	489	239	345	275
12	249	283	475	229	361	303
13	263	278	467	248	312	290
14	268	288	483	222	260	284
15	240	287	460	228	346	307
16	269	296	485	252	300	289
17	269	281	490	217	307	300
18	277	284	529	229	245	292
19	243	279	514	261	366	278
20	249	284	538	218	256	279
21	249	296	507	227	312	292
22	259	284	490	245	396	306
23	269	287	491	224	336	273
24	260	275	500	206	361	295
25	267	286	540	222	260	271
26	264	286	482	234	243	289
27	253	276	509	224	321	326
28	266	284	542	244	291	309
29	253	294	491	247	305	285
30	257	278	527	233	244	297
Rata-rata	260	286	492	233	314	291

Tabel 4.2 Waktu Siklus Masing-Masing Proses Dalam Pembuatan Spun Pile (lanjutan)

Mesin Waktu	Pengecoran	<i>Stressing</i>	<i>Spinning</i>	<i>Steam</i>	<i>Demoulding</i>
1	734	144	846	14519	868
2	720	131	850	14520	889
3	710	138	851	14535	871
4	685	134	847	14533	857
5	697	140	846	14517	881
6	719	138	848	14530	895
7	692	127	846	14536	868
8	683	141	849	14526	886
9	700	137	848	14529	881
10	709	149	851	14533	893
11	716	146	850	14534	895

Tabel 4.2 Waktu Siklus Masing-Masing Proses Dalam Pembuatan Spun Pile (lanjutan)

Mesin Waktu	Pengecoran	<i>Stressing</i>	<i>Spinning</i>	<i>Steam</i>	<i>Demoulding</i>
12	669	152	847	14524	881
13	704	124	847	14529	893
14	726	126	846	14529	855
15	728	131	850	14525	882
16	679	148	852	14535	868
17	717	133	846	14524	870
18	704	136	846	14521	863
19	707	143	851	14525	882
20	723	124	848	14538	874
21	690	144	846	14534	886
22	700	134	851	14529	878
23	733	144	848	14530	865
24	666	131	851	14538	871
25	664	136	846	14511	874
26	732	153	847	14529	872
27	683	123	846	14520	882
28	706	128	850	14533	862
29	722	130	847	14527	895
30	730	124	850	14518	851
Rata-rata	705	136	848	14528	876

4.2.4 Aktivitas, Waktu Operasi, Jumlah Operator dan Nama Mesin

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi secara langsung ke lantai produksi PT Waskita Beton Precast Plant Subang untuk melihat aktivitas dan waktu yang terjadi dalam pembuatan Spun Pile secara detail. Observasi juga dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap bagian produksi untuk mengetahui banyaknya operator dan mesin yang digunakan sebagai alat dalam proses produksi Spun Pile. Aktivitas, waktu operasi rata-rata, jumlah operator dan nama mesin pada proses pembuatan Spun Pile dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Lampiran 5.

Tabel 4.3 Aktivitas, Waktu Operasi, Jumlah Operator dan Nama Mesin

Departemen	Nama Proses	Jml Operator	Σ Waktu (detik)	Nama Mesin
GBB	Pemeriksaan Bahan Baku	1	600	<i>Quality Incoming</i>
Cutting	Pengambilan bahan baku PC Bar dari gudang bahan baku ke cutting dengan jarak 15.66 m	1	52	Operator
	Memasukkan PC Bar ke dalam meja gulungan	1	84	Operator
	Melakukan proses cutting	2	26	Mesin Cutting
	Mengumpulkan hasil potongan PC Bar	1	150	Operator
Heading	Menunggu giliran untuk diproses	-	60	-
	Memasukkan ujung PC Bar ke mesin heading	1	20	Operator
	Melakukan proses heading	1	26	Mesin Heading
	Mengumpulkan hasil heading PC Bar	1	240	Operator
Caging	Pemindahan hasil heading ke proses caging	1	38	Operator
	Mencari alat pelindung diri yaitu helm	1	10	Operator
	Menunggu giliran untuk diproses	-	60	-
	Memasukkan PC Bar ke dalam plat pengarah	2	77	Operator
	Mengambil bahan baku iron wire	1	60	Overhead crane
	Memasang gulungan spiral	1	128	Operator
	Mencari alat tank catut untuk menghidupkan mesin	1	5	Operator
	Melakukan proses Caging	1	152	Mesin Caging
Setting Joint Plate	Pemindahan wirecaging ke proses setting joint plate	1	63	Overhead crane
	Pengambilan bahan baku Joint Plate dari gudang bahan baku ke settint joint plate dengan jarak 14.61 m	1	26	Operator
Setting Joint Plate	Melakukan rakitan tulangan dengan joint plate (rakitan 1)	3	196	Operator
	Proses pengencangan rakitan	1	11	Operator
Setting Moulding Bawah	Pemindahan rakitan 1 ke proses setting moulding bawah	1	26	Operator
	Mengambil moulding untuk dibawa ke proses setting moulding bawah	1	25	Overhead crane

Tabel 4.3 Aktivitas, Waktu Operasi, Jumlah Operator dan Nama Mesin (lanjutan)

Departemen	Nama Proses	Jml Operator	Σ Waktu (detik)	Nama Mesin
Setting Moulding Bawah	Melakukan rakitan antara hasil rakitan 1 dengan moulding	3	279	Operator
	Melakukan proses pengencangan rakitan (rakitan 2)	1	11	Operator + Impact
Batching	Menyiapkan material (semen, batu split, pasir)	1	60	Operator
	Melakukan penyiraman material split	1	10	Operator
	Memasukkan material ke dalam coldbin	2	20	Operator
	Melakukan pencampuran di batching plant	1	191	Batching Plant
	Melakukan penuangan ke dalam truck mixer	1	10	Operator
Pengecoran	Pemindahan rakitan 2 ke proses pengecoran	1	65	Overhead crane
	Melakukan proses cor	3	438	Hooper Supply + Hooper Transfer
	Membersihkan hasil pengecoran menggunakan sekop	2	39	Operator
	Pengambilan moulding atas untuk penutupan cetakan	1	45	Operator
	Pencarian alat untuk menutup cetakan	1	40	Operator
	Melakukan penutupan cetakan	2	143	Operator + Wrench
Stressing	Pemindahan cetakan yang sudah di cor ke proses stressing	1	36	Overhead crane
	Melakukan pengukuran Rod Cetakan untuk masuk ke kopler	1	5	Operator
	Melakukan proses pengencangan Mur Rod Cetakan	2	21	Operator
	Proses stressing	1	110	Mesin Stressing
Spinning	Pemindahan cetakan dari stressing ke spinning	1	78	Overhead crane
	Melakukan pengukuran roll cetakan pada roll spinning	1	8	Operator
	Melakukan proses spinning	1	720	Mesin Spinning
	Pembuangan limbah	1	120	Operator
Steaming	Pemindahan cetakan dari spinning ke steaming	1	68	Overhead crane

Tabel 4.3 Aktivitas, Waktu Operasi, Jumlah Operator dan Nama Mesin (lanjutan)

Departemen	Nama Proses	Jml Operator	Σ Waktu (detik)	Nama Mesin
Steaming	Menunggu bak uap diisi ± 10 cetakan	-	1800	-
	Proses penutupan bak uap	1	18	Overhead crane
	Pembukaan kran uap	1	20	Overhead crane
	Proses Penguapan	1	10800	Mesin Steam
	Penutupan kran uap	1	22	Overhead crane
	Proses pendinginan ± 1 jam	-	1800	Operator
Demoulding	Pemindahan cetakan dari steaming ke proses demoulding	1	78	Overhead crane
	Mencari alat pelindung diri yaitu helm pelindung wajah	1	60	Operator
	Melakukan proses demoulding	5	336	Operator
	Malakukan proses <i>labelling</i>	1	120	Mesin Logo WBP
	Melakukan <i>quality outgoing</i>	4	360	Operator
	Memindahkan produk ke trolley	1	12	Overhead crane
	Membawa produk ke arah <i>stock yard</i>	1	42	Trolley
	Pemindahan produk ke <i>stock yard</i>	2	84	Overhead crane

4.2.5 Hasil Kuesioner *Waste Assesment Model (WAM)*

Pengumpulan data kuesioner hubungan tujuh pemborosan dilakukan secara langsung dengan melakukan penyebaran kuesioner terhadap pekerja yang sangat mengetahui jalannya produksi. Bapak Yudi selaku bagian produksi menjadi orang yang tepat dalam melakukan diskusi hubungan tujuh tipe pemborosan. Diskusi dilakukan agar pemahaman mengenai pertanyaan pada kuesioner dipahami dengan benar dan tidak adanya perbedaan persepsi. Pertanyaan yang dimuat dalam kuesioner merujuk pada metodologi yang dikembangkan oleh Ibrahim Rawabdeh (2005) sebagai pendekatan untuk mengukur hubungan antar tipe pemborosan. Hasil kuesioner hubungan tujuh tipe pemborosan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Kuesioner Hubungan Tujuh Tipe Pemborosan

No	Hubungan Antar Pemborosan	Jawaban dari Pertanyaan					
		1	2	3	4	5	6
1	<i>Overproduction_Inventory</i>	a	b	a	b	d	c
2	<i>Overproduction_Defect</i>	c	c	b	a	d	c
3	<i>Overproduction_Motion</i>	c	c	c	c	c	c
4	<i>Overproduction_Transportation</i>	a	a	a	c	b	a
5	<i>Overproduction_Waiting</i>	c	c	a	a	e	a
6	<i>Inventory_Over production</i>	c	b	a	b	b	b
7	<i>Inventory_Defect</i>	b	c	b	c	a	c
8	<i>Inventory_Motion</i>	b	c	a	b	g	a
9	<i>Inventory_Transportation</i>	a	a	a	b	g	a
10	<i>Defect_Over production</i>	b	a	b	a	d	b
11	<i>Defect_Inventory</i>	b	a	b	a	f	b
12	<i>Defect_Motion</i>	a	a	a	a	e	b
13	<i>Defect_Transportation</i>	b	c	b	a	e	a
14	<i>Defect_Waiting</i>	c	c	a	a	e	a
15	<i>Motion_Inventory</i>	c	c	a	a	g	b
16	<i>Motion_Defect</i>	b	b	c	c	c	c
17	<i>Motion_Waiting</i>	c	b	a	c	e	c
18	<i>Motion_Process</i>	a	a	a	a	g	a
19	<i>Transportation_Over production</i>	c	b	a	a	e	a
20	<i>Transportation_Inventory</i>	c	a	a	c	e	c
21	<i>Transportation_Defect</i>	c	c	b	c	a	b
22	<i>Transportation_Motion</i>	a	c	a	a	e	b
23	<i>Transportation_Waiting</i>	a	a	a	c	e	b
24	<i>Process_Over production</i>	c	c	a	b	b	c
25	<i>Process_Inventory</i>	a	c	a	a	e	c
26	<i>Process_Defect</i>	a	a	b	a	g	b
27	<i>Process_Motion</i>	b	a	a	c	e	c
28	<i>Process_Waiting</i>	b	c	b	c	e	b
29	<i>Waiting_Over production</i>	c	b	b	a	b	b
30	<i>Waiting_Inventory</i>	b	c	a	c	e	b
31	<i>Waiting_Defect</i>	b	a	b	a	g	a

4.2.6 Hasil Kuesioner Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Pengumpulan data dilakukan secara langsung dengan menyebarkan kuesioner kepada tiga orang pekerja yang terdiri dari kepala divisi Produksi, staff divisi Produksi dan staff divisi *Maintenance*. Pemilihan terhadap ketiga karyawan tersebut karena pertanyaan pada kuesioner WAQ mengacu pada proses produksi dan keadaan mesin. Hasil kuesioner WAQ dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Kuesioner WAQ

No	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Kadep Produksi	Staff Maintenance	Staff Produksi	Rata-rata
1	<i>To Motion</i>	<i>Man</i>	0	0.5	0	0.17
2	<i>From Motion</i>		1	1	1	1.00
3	<i>From Defect</i>		0.5	1	1	0.83
4	<i>From Motion</i>		1	1	1	1.00
5	<i>From Motion</i>		1	1	0	0.67
6	<i>From Defect</i>		0.5	1	0.5	0.67
7	<i>From Process</i>		1	1	0.5	0.83
8	<i>To Waiting</i>	<i>Material</i>	0.5	1	0	0.50
9	<i>From Waiting</i>		0.5	1	1	0.83
10	<i>From Transportation</i>		1	1	1	1.00
11	<i>From Inventory</i>		0	1	1	0.67
12	<i>From Inventory</i>		0	1	1	0.67
13	<i>From Defect</i>		0	0.5	1	0.50
14	<i>From Inventory</i>		0	0	1	0.33
15	<i>From Waiting</i>		0	0.5	0	0.17
16	<i>To Defect</i>		0	0	0	0.00
17	<i>From Defect</i>	1	0.5	0.5	0.67	
18	<i>From Transportation</i>	<i>Material</i>	1	0	1	0.67
19	<i>To Motion</i>		0.5	1	1	0.83
20	<i>From Waiting</i>		0	1	0	0.33
21	<i>From Motion</i>		1	1	0.5	0.83
22	<i>From Transportation</i>		0	1	0.5	0.50
23	<i>From Defect</i>		0.5	1	1	0.83
24	<i>From Motion</i>		0.5	1	1	0.83
25	<i>From Inventory</i>		0.5	1	1	0.83
26	<i>From Inventory</i>		1	1	1	1.00
27	<i>To Waiting</i>		1	1	0	0.67
28	<i>From Defect</i>		1	1	1	1.00
29	<i>From Waiting</i>		1	0.5	0.5	0.67
30	<i>From Overproduction</i>		0	0.5	0	0.17
31	<i>To Motion</i>	0.5	1	1	0.83	
32	<i>From Process</i>	<i>Machine</i>	1	1	1	1.00
33	<i>To Waiting</i>		1	1	0.5	0.83
34	<i>From Process</i>		1	1	1	1.00

Tabel 4.5 Hasil Kuesioner WAQ (lanjutan)

No	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Kadep Produksi	Staff Maintenance	Staff Produksi	Rata-rata
35	<i>From Transportation</i>	<i>Machine</i>	1	1	1	1.00
36	<i>To Motion</i>		1	1	1	1.00
37	<i>From Overproduction</i>		0	1	1	0.67
38	<i>From Waiting</i>		0.5	0.5	1	0.67
39	<i>From Waiting</i>		1	0.5	1	0.83
40	<i>To Defect</i>		0	0	0	0.00
41	<i>From Waiting</i>		0	1	1	0.67
42	<i>To Motion</i>		1	1	0	0.67
43	<i>From Process</i>		0.5	1	1	0.83
44	<i>To Transportation</i>		0.5	1	1	0.83
45	<i>From Motion</i>	<i>Method</i>	0	1	0	0.33
46	<i>From Waiting</i>		0.5	1	1	0.83
47	<i>To Motion</i>		0	1	0	0.33
48	<i>From Defect</i>		1	1	1	1.00
49	<i>To Defect</i>		0.5	1	1	0.83
50	<i>From Motion</i>		1	1	1	1.00
51	<i>From Defect</i>		1	1	1	1.00
52	<i>From Motion</i>		1	1	1	1.00
53	<i>To Waiting</i>	1	1	1	1.00	
54	<i>From Process</i>	1	1	0	0.67	
55	<i>From Process</i>	0	1	1	0.67	
56	<i>To Defect</i>	1	1	1	1.00	
57	<i>From Inventory</i>	1	1	1	1.00	
58	<i>To Transportation</i>	1	1	1	1.00	
59	<i>To Motion</i>	<i>Method</i>	0.5	1	0	0.50
60	<i>To Transportation</i>		0	1	0.5	0.50
61	<i>To Motion</i>		0	0	0.5	0.17
62	<i>To Motion</i>		1	1	1	1.00
63	<i>From Motion</i>		1	1	1	1.00
64	<i>From Motion</i>		1	1	1	1.00
65	<i>From Motion</i>		1	1	1	1.00
66	<i>From Overproduction</i>		1	1	0.5	0.83
67	<i>From Process</i>		1	0.5	1	0.83
68	<i>From Defect</i>		1	1	1	1.00

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Value Stream Mapping (VSM) Spun Pile

Value stream mapping merupakan *tools* yang menggambarkan aktivitas utama dalam pembuatan suatu produk sehingga dapat mengidentifikasi terjadinya *waste*.

Aliran fisik dan aliran material digunakan untuk menggambarkan aliran yang terjadi sehingga dapat membantu menemukan *waste*.

4.3.1.1 Aliran Informasi

Prinsip dalam pembuatan Spun Pile yaitu melayani permintaan konsumen yang datang dan kemudian diproses sampai akhirnya produk jadi dikirim kembali ke konsumen, untuk lebih jelasnya sebagai berikut:

1. Aliran informasi dimulai dengan adanya permintaan dari konsumen melalui departemen pemasaran.
2. PPIC melakukan *order* produksi dengan memberikan Perintah Mengerjakan *Order* (PMO) pada setiap plant dan salah satunya PT Waskita Beton Precast Plant Subang.
3. Manager Plant menerima PMO dan mengevaluasi serta meriview kondisi SDM, Alat, material, jalur produksi dan merencanakan jadwal proses produksi (*Master Production Schedule*).
4. Menghitung kebutuhan sumber daya dan apabila tidak memenuhi maka dibutuhkan penambahan sumber daya manusia yang biasanya diambil dari operator produksi ready mix.
5. Mengevaluasi kondisi alat dan apabila alat tidak *ready* maka dilakukan penyewaaan alat.
6. Mengecek ketersediaan material dan apabila tidak tersedia dilakukan pembelian material pada bagian *purchasing*. Pembelian material dengan skala besar harus menggunakan surat ke kantor pusat.

4.3.1.2 Aliran Material

Aliran material dalam proses pembuatan Spun Pile sebagai berikut:

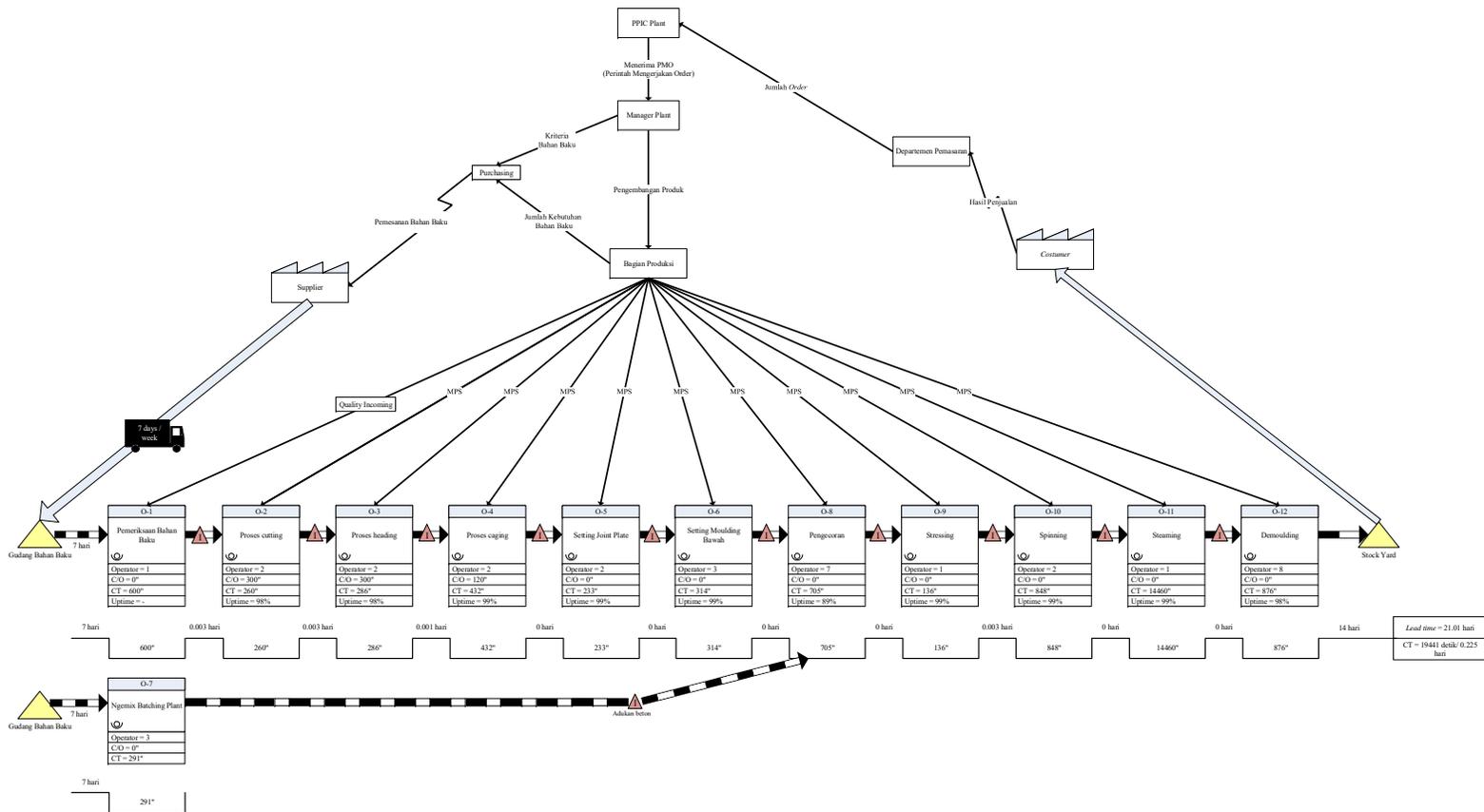
1. Bahan baku dalam pembuatan Spun Pile terdiri dari dua proses yaitu kerangka beton dan adukan beton. Pembuatan kerangka beton terdiri dari bahan baku pc bar, spiral dan joint plate sementara pada pembuatan adukan beton yaitu pasir, batu split dan semen.

2. Pemeriksaan Bahan Baku PC Bar, Joint Plate, Spiral, Batu Split, Pasir dan Semen terdiri dari:
 - a. Pemeriksaan dikerjakan oleh operator bagian *quality incoming*.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan pemeriksaan selama 600 detik.
 - c. Jumlah operator dalam melakukan pemeriksaan sebanyak 1 orang.
3. Proses cutting terdiri dari:
 - a. Proses dikerjakan oleh mesin cutting dan jumlah operator 2 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses cutting selama 260 detik.
 - c. *Change over time (C/O)* dalam melakukan proses cutting selama 300 detik.
 - d. *Uptime* mesin cutting sebesar 98%.
4. Proses heading terdiri dari:
 - a. Proses dikerjakan oleh mesin heading dan jumlah operator 2 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses heading selama 286 detik.
 - c. *Change over time (C/O)* dalam melakukan proses heading selama 300 detik.
 - d. *Uptime* mesin heading sebesar 98%.
5. Proses caging terdiri dari:
 - a. Proses dikerjakan oleh mesin caging dan jumlah operator 2 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses caging selama 432 detik.
 - c. *Change over time (C/O)* dalam melakukan proses caging selama 120 detik.
 - d. *Uptime* mesin caging sebesar 99%.
6. Setting joint plate terdiri dari:
 - a. Jumlah operator dalam setting joint plate sebanyak 2 orang dan dalam melakukan pengencangan rakitan dengan mesin impact.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan setting joint plate selama 233 detik.
 - c. *Uptime* mesin impact sebesar 98%.
7. Setting moulding bawah terdiri dari:
 - a. Jumlah operator dalam setting moulding bawah sebanyak 3 orang dan dalam melakukan pengencangan rakitan dengan mesin impact.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan setting moulding bawah selama 314 detik.
 - c. *Uptime* mesin impact sebesar 98%.

8. Proses batching terdiri dari:
 - a. Proses cor dikerjakan mesin batching plant dan jumlah operator 3 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses batching selama 291 detik.
 - c. *Uptime* mesin batching sebesar 100%.
9. Proses cor terdiri dari:
 - a. Proses dikerjakan oleh mesin hoppie *supply*, hoppie transfer dan dioperasikan oleh operator dengan jumlah 7 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses cor 705 detik.
 - c. *Uptime* mesin cor sebesar 89%.
10. Proses stressing terdiri dari:
 - a. Proses dikerjakan oleh mesin stressing dan jumlah operator 1 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses stressing selama 136 detik.
 - c. *Uptime* mesin stressing sebesar 99%.
11. Proses spinning terdiri dari:
 - a. Proses dikerjakan oleh mesin spinning dan jumlah operator 2 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses spinning selama 848 detik.
 - c. *Uptime* mesin spinning sebesar 99%.
12. Proses steaming
 - a. Proses dikerjakan oleh mesin steaming dan jumlah operator 1 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses steaming selama 14460 detik.
 - c. *Uptime* mesin steaming sebesar 99%.
13. Proses demoulding
 - a. Proses dikerjakan oleh mesin demoulding dan jumlah operator 8 orang.
 - b. Waktu siklus (CT) untuk melakukan proses demoulding selama 876 detik.
 - c. *Uptime* mesin impact sebesar 98%.

4.3.1.3 Hasil Value Stream Mapping (VSM)

Data pada aliran bahan dan aliran material dituangkan dalam sebuah *mapping* yang disebut dengan VSM. VSM memberikan penjelasan mengenai kondisi aliran mulai dari bahan baku, proses pembuatan Spun Pile sampai ke konsumen. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 VSM Pembuatan Spun Pile

4.3.2 Waste Assesment Model (WAM)

4.3.2.1 Waste Relationship Matrix (WRM)

Penilaian dalam hubungan tujuh pemborosan merujuk pada metode yang dikembangkan oleh Ibrahim Rawabdeh (2005). Langkah dalam pengolahan data WRM hasil diskusi langsung dengan bagian produksi sebagai berikut:

1. Setiap jawaban yang ada pada Tabel 4.4 diberi bobot sesuai dengan kriteria jawaban yang ada pada Tabel 2.2 dan kemudian dijumlahkan untuk mendapat total *score*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Bobot dan Total Score WRM

Question Relationship	1		2		3		4		5		6		Score
	A	Wgt											
O_I	a	4	b	1	a	4	b	1	d	2	c	0	12
O_D	c	0	c	0	b	2	a	2	d	2	c	0	6
O_M	c	0	c	0	c	0	c	0	c	1	c	0	1
O_T	a	4	a	2	a	4	c	0	b	1	a	4	15
O_W	c	0	c	0	a	4	a	2	e	2	a	4	12
I_O	c	0	b	1	a	4	b	1	b	1	b	2	9
I_D	b	2	c	0	b	2	c	0	a	1	c	0	5
I_M	b	2	c	0	a	4	b	1	g	4	a	4	15
I_T	a	4	a	2	a	4	b	1	g	4	a	4	19
D_O	b	2	a	2	b	2	a	2	d	2	b	2	12
D_I	b	2	a	2	b	2	a	2	f	2	b	2	12
D_M	a	4	a	2	a	4	a	2	e	2	b	2	16
D_T	b	2	c	0	b	2	a	2	e	2	a	4	12
D_W	c	0	c	0	a	4	a	2	e	2	a	4	12
M_I	c	0	c	0	a	4	a	2	g	4	b	2	12
M_D	b	2	b	1	c	0	c	0	c	1	c	0	4
M_W	c	0	b	1	a	4	c	0	e	2	c	0	7
M_P	a	4	a	2	a	4	a	2	g	4	a	4	20
T_O	c	0	b	1	a	4	a	2	e	2	a	4	13
T_I	c	0	a	2	a	4	c	0	e	2	c	0	8
T_D	c	0	c	0	b	2	c	0	a	1	b	2	5
T_M	a	4	c	0	a	4	a	2	e	2	b	2	14
T_W	a	4	a	2	a	4	c	0	e	2	b	2	14
P_O	c	0	c	0	a	4	b	1	b	1	c	0	6
P_I	a	4	c	0	a	4	a	2	e	2	c	0	12
P_D	a	4	a	2	b	2	a	2	g	4	b	2	16
P_M	b	2	a	2	a	4	c	0	e	2	c	0	10
P_W	b	2	c	0	b	2	c	0	e	2	b	2	8
W_O	c	0	b	1	b	2	a	2	b	1	b	2	8
W_I	b	2	c	0	a	4	c	0	e	2	b	2	10
W_D	b	2	a	2	b	2	a	2	g	4	a	4	16

Keterangan:

A adalah *answer*

wgt adalah *weight* (bobot)

2. Total *score* yang sudah didapatkan pada Tabel 4.6 kemudian diberikan simbol (A, E, I, O atau U) sesuai dengan kriteria pada Tabel 2.4. Semakin besar total skor maka semakin kuat hubungan pemborosan. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Tingkat Hubungan Pemborosan

<i>Question Relationship</i>	<i>Score</i>	<i>Relationship</i>
O_I	12	I
O_D	6	O
O_M	1	U
O_T	15	E
O_W	12	I
I_O	9	I
I_D	5	O
I_M	15	E
I_T	19	A
D_O	12	I
D_I	12	I
D_M	16	E
D_T	12	I
D_W	12	I
M_I	12	I
M_D	4	U
M_W	7	O
M_P	20	A
T_O	13	E
T_I	8	O
T_D	5	O
T_M	14	E
T_W	14	E
P_O	6	O
P_I	12	I
P_D	16	E
P_M	10	I
P_W	8	O
W_O	8	O
W_I	10	I
W_D	16	E

3. Tingkat hubungan pemborosan yang terdapat pada Tabel 4.7 kemudian dikonversi ke dalam bentuk WRM dan dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Waste Relationship Matrix (WRM)

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	I	O	U	E	X	I
I	I	A	O	E	A	X	X
D	I	I	A	E	I	X	I
M	X	I	U	A	X	A	O
T	E	O	O	E	A	X	E
P	O	I	E	I	X	A	O
W	O	I	E	X	X	X	A

4. Langkah terakhir yaitu menyederhanakan WRM yang terdapat pada Tabel 4.8 dengan mengkonversi ke dalam bentuk angka sesuai kriteria pada Tabel 2.5. Hasil konversi diberi nama *waste matrix values* yang dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Waste Matrix Values Produksi Spun Pile

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	6	4	2	8	0	6	36	14.06%
I	6	10	4	8	10	0	0	38	14.84%
D	6	6	10	8	6	0	6	42	16.41%
M	0	6	2	10	0	10	4	32	12.50%
T	8	4	4	8	10	0	8	42	16.41%
P	4	6	8	6	0	10	4	38	14.84%
W	4	6	8	0	0	0	10	28	10.94%
Score	38	44	40	42	34	20	38	256	100%
%	14.84%	17.19%	15.63%	16.41%	13.28%	7.81%	14.84%	100%	

Contoh perhitungan persentase *waste matrix values* pada *waste overproduction* (O) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{persentase}_{\text{Overproduction}} &= \frac{10+6+4+2+8+0+6}{256 \text{ (total score)}} \times 100\% \\
 &= \frac{36}{256} \times 100\% \\
 &= 14.06\%
 \end{aligned}$$

4.3.2.2 Waste Assesment Questionnaire (WAQ)

Kuesioner *waste assessment* terdiri dari 68 pertanyaan yang berbeda. Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan *From* yang berarti *waste* yang terjadi saat ini akan memicu *waste* lainnya, sementara beberapa lainnya ditandai dengan tulisan *To*

yang berarti waste yang terjadi karena dipengaruhi oleh *waste* lainnya. Terdapat 3 pilihan jawaban dalam setiap pertanyaan dengan bobot masing-masing yaitu jawaban Ya diberi bobot 1, Sedang diberi bobot 0.5 dan jawaban Tidak diberi bobot 0. Pengukuran peringkat *waste* akan lebih dijabarkan sebagai berikut:

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan jenis pertanyaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Pengelompokan Jenis Pertanyaan

No	Jenis Pertanyaan	Total (Ni)
1	<i>From Overproduction</i>	3
2	<i>From Inventory</i>	6
3	<i>From Defects</i>	8
4	<i>From Motion</i>	11
5	<i>From Transportation</i>	4
6	<i>From Process</i>	7
7	<i>From Waiting</i>	8
8	<i>To Defects</i>	4
9	<i>To Motion</i>	9
10	<i>To Transportation</i>	3
11	<i>To Waiting</i>	5
Total		68

2. Memasukkan bobot dari hasil WRM dalam setiap pertanyaan kuesioner sesuai dengan yang terdapat pada Tabel 4.9. Ringkasan tabulasi bobot awal WRM dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan tabulasi lengkap pada Lampiran 8.

Tabel 4.11 Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM

No	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	O	I	D	M	T	P	W
1	<i>To Motion</i>	<i>Man</i>	2	8	8	10	8	6	0
2	<i>From Motion</i>		0	6	2	10	0	10	4
3	<i>From Defect</i>		6	6	10	8	6	0	8
4	<i>From Motion</i>		0	6	2	10	0	10	4
5	<i>From Motion</i>		0	6	2	10	0	10	4
6	<i>From Defect</i>		6	6	10	8	6	0	8
7	<i>From Process</i>		4	6	8	6	0	10	4
...									
61	<i>To Motion</i>	<i>Method</i>	2	8	8	10	8	6	0
62	<i>To Motion</i>		2	8	8	10	8	6	0
63	<i>From Motion</i>		0	6	2	10	0	10	4
64	<i>From Motion</i>		0	6	2	10	0	10	4
65	<i>From Motion</i>		0	6	2	10	0	10	4
66	<i>From Overproduction</i>		10	6	4	2	8	0	6
67	<i>From Process</i>		4	6	8	6	0	10	4
68	<i>From Defect</i>		6	6	10	8	6	0	8

3. Bobot nilai WRM yang sudah dimasukkan (terdapat pada Tabel 4.9) dibagi dengan N_i (jumlah pertanyaan) yang terdapat pada Tabel 4.8 untuk menghilangkan variansi jumlah pertanyaan sehingga dihasilkan bobot setiap *waste*. Selanjutnya menghitung jumlah *score* (Sj) dan frekuensi (Fj) masing-masing *waste* dengan mengabaikan nilai nol. Ringkasan tabulasi hasil bobot pertanyaan setelah dibagi N_i , jumlah *score* dan frekuensi dapat dilihat pada tabel 4.12 dan tabulasi lengkap pada lampiran 9.

Tabel 4.12 Bobot Setiap Waste, Jumlah Score (Sj) dan Frekuensi (Fj)

No	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Ni	Bobot Setiap jenis Waste						
				O	I	D	M	T	P	W
1	<i>To Motion</i>	<i>Man</i>	9	0.22	0.89	0.89	1.11	0.89	0.67	0.00
2	<i>From Motion</i>	<i>Man</i>	11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
3	<i>From Defects</i>	<i>Man</i>	8	0.75	0.75	1.25	1.00	0.75	0.00	1.00
4	<i>From Motion</i>	<i>Man</i>	11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
5	<i>From Motion</i>	<i>Man</i>	11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
6	<i>From Defects</i>	<i>Man</i>	8	0.75	0.75	1.25	1.00	0.75	0.00	1.00
7	<i>From Process</i>	<i>Man</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	0.57
...										
61	<i>To Motion</i>	<i>Method</i>	9	0.22	0.89	0.89	1.11	0.89	0.67	0.00
62	<i>To Motion</i>	<i>Method</i>	9	0.22	0.89	0.89	1.11	0.89	0.67	0.00
63	<i>From Motion</i>	<i>Method</i>	11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
64	<i>From Motion</i>	<i>Method</i>	11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
65	<i>From Motion</i>	<i>Method</i>	11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
66	<i>From Overproduction</i>	<i>Method</i>	3	3.33	2.00	1.33	0.67	2.67	0.00	2.00
67	<i>From Process</i>	<i>Method</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	0.57
68	<i>From Defects</i>	<i>Method</i>	8	0.75	0.75	1.25	1.00	0.75	0.00	1.00
Score (Sj)				57.55	66.75	70.05	58.20	63.15	37.20	57.00
Frekuensi (Fj)				57	64	68	57	42	35	50

Contoh perhitungan bobot *waste overproduction* pada jenis pertanyaan *to motion*, jumlah *score* dan frekuensi pada jenis *waste overproduction* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{bobot } \textit{waste overproduction}_{\textit{to motion}} &= \frac{2 (\textit{bobot awal})}{9 (N_i)} \\ &= 0.22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{total score } \textit{overproduction} &= (0.22 + 0.00 + 0.75 + \dots + 0.75) \\ &= 57.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{frekuensi } \textit{overproduction} &= 68 (\text{jumlah pertanyaan}) - 11 (\text{banyaknya bobot} \\ &\quad \textit{waste} \text{ bernilai } 0) \\ &= 57 \end{aligned}$$

4. Memasukkan rata-rata dari hasil kuesioner yang terdapat pada Tabel 4.5 dan mengkalikan dengan bobot yang terdapat pada Tabel 4.10. Selanjutnya menghitung jumlah *score* (Sj) dan frekuensi (Fj) masing-masing *waste* dengan mengabaikan nilai nol. Ringkasan tabulasi perkalian antara bobot dengan hasil pertanyaan kuesioner, jumlah *score* dan frekuensi dapat dilihat pada tabel 4.13 dan tabulasi lengkap pada lampiran 10.

Tabel 4.13 Bobot Jawaban setiap *waste*, Jumlah *Score* (Sj) Dan Frekuensi (Fj)

No	Jenis Pertanyaan	Ni	Kategori Pertanyaan	Rata-rata Bobot Jawaban WAQ	Bobot Jawaban						
					O	I	D	M	T	P	W
1	<i>To Motion</i>	9	<i>Man</i>	0.17	0.04	0.15	0.15	0.19	0.15	0.11	0.00
2	<i>From Motion</i>	11		1.00	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
3	<i>From Defect</i>	8		0.83	0.63	0.63	1.04	0.83	0.63	0.00	0.83
4	<i>From Motion</i>	11		1.00	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
5	<i>From Motion</i>	11		0.67	0.00	0.36	0.12	0.61	0.00	0.61	0.24
6	<i>From Defect</i>	8		0.67	0.50	0.50	0.83	0.67	0.50	0.00	0.67
7	<i>From Process</i>	7		0.83	0.48	0.71	0.95	0.71	0.00	1.19	0.48
...											
61	<i>To Motion</i>	9	<i>Method</i>	0.17	0.04	0.15	0.15	0.19	0.15	0.11	0.00
62	<i>To Motion</i>	9		1.00	0.22	0.89	0.89	1.11	0.89	0.67	0.00
63	<i>From Motion</i>	11		1.00	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
64	<i>From Motion</i>	11		1.00	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
65	<i>From Motion</i>	11		1.00	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
66	<i>From Overproduction</i>	3		0.83	2.78	1.67	1.11	0.56	2.22	0.00	1.67
67	<i>From Process</i>	7		0.83	0.48	0.71	0.95	0.71	0.00	1.19	0.48
68	<i>From Defect</i>	8		1.00	0.75	0.75	1.25	1.00	0.75	0.00	1.00
Score (sj)					40.27	47.32	48.39	43.53	44.08	26.74	39.72
Frekuensi (fj)					55	62	66	55	40	33	48

Contoh perhitungan bobot jawaban *overproduction* pada jenis pertanyaan *to motion*, jumlah *score* dan frekuensi pada jenis *waste overproduction* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{bobot } \textit{overproduction}_{\textit{to motion}} &= \frac{0.17 \text{ (rata-rata kuesioner WAQ) X 2 (Bobot awal)}}{9 \text{ (Ni)}} \\ &= 0.037 \text{ dibulatkan menjadi } 0.004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{total score } \textit{overproduction} &= (0.04 + 0.00 + 0.63 + \dots + 0.75) \\ &= 40.27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{frekuensi } \textit{overproduction} &= 68 \text{ (jumlah pertanyaan)} - 13 \text{ (banyaknya bobot} \\ &\quad \textit{waste bernilai 0)} \\ &= 55 \end{aligned}$$

5. Melakukan perhitungan *indicator* awal untuk tiap *waste* (Y_j) menggunakan persamaan 2.3. Berikut contoh perhitungan Y_j untuk *waste overproduction* (O).

$$\begin{aligned} Y_j &= \frac{S_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \\ &= \frac{40.27}{57.55} \times \frac{55}{57} \\ &= 0.68 \end{aligned}$$

6. Menghitung nilai presentasi dari WRM (P_j faktor) yang terdapat pada table 4.8 dengan cara mengkalikan persentase “From” dengan “To” sesuai dengan persamaan 2.4. Berikut contoh perhitungan P_j faktor untuk *waste overproduction* (O).

$$P_j \text{ faktor } \textit{overproduction} = 14.06 \times 14.84 = 208.65$$

7. Menghitung nilai final *waste* (Y_j final) menggunakan persamaan 2.5. Berikut contoh perhitungan Y_j final untuk *waste overproduction* (O).

$$\begin{aligned} Y_j \text{ final} &= Y_j \times P_j \text{ faktor} \\ &= 0.68 \times 208.65 \\ &= 140.88 \end{aligned}$$

8. Hasil perhitungan *waste assessment* didapat dari nilai indikator awal untuk tiap *waste* (Y_j), nilai presentasi dari WRM (Pj factor) dan nilai final *waste* (Y_j final) yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

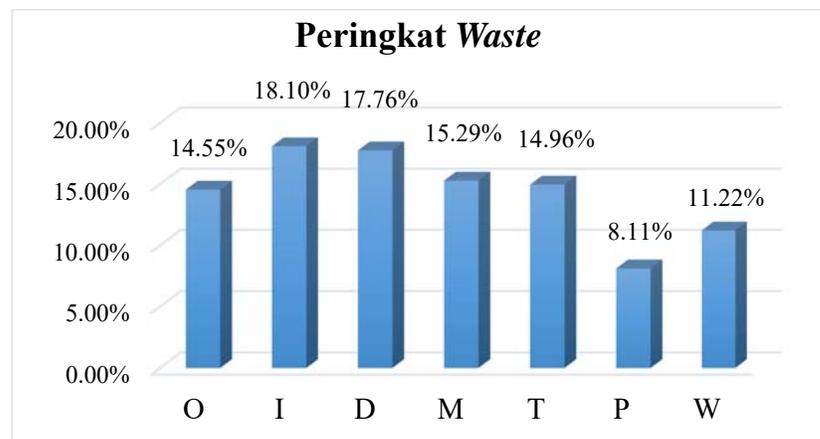
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan *waste assessment*

Keterangan	O	I	D	M	T	P	W
Y_j	0,68	0,69	0,67	0,72	0,66	0,68	0,67
Pj Faktor	208,65	255,10	256,49	205,13	217,92	115,90	162,35
Y_j Final	140,88	175,19	171,97	148,04	144,88	78,56	108,62
Final Result (%)	14,55%	18,10%	17,76%	15,29%	14,96%	8,11%	11,22%
Rank	5	1	2	3	4	7	6

Contoh perhitungan mencari nilai final result pada *waste overproduction* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Final result}_{\text{overproduction}} &= \frac{968,14 \text{ (total nilai } Y_j \text{ final)}}{140,88 \text{ (} Y_j \text{ final masing-masing waste)}} \times 100\% \\ &= 14,55\% \end{aligned}$$

9. Berdasarkan hasil perhitungan *waste assessment* pada tabel 4.14, maka dapat dilihat *rank* dari setiap *waste* dalam bentuk grafik pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Peringkat Hasil Perhitungan Waste Assessment

4.3.2.3 Value Stream Mapping Tools (VALSAT)

VALSAT merupakan metode yang digunakan untuk memetakan aliran sepanjang *value stream* secara lebih detail dan hasil pengembangan dari Hines & Rich (1997). Langkah dalam pembuatan VALSAT yaitu:

1. Memasukkan bobot pemborosan yang didapat dari nilai presentase Y_j final dalam menentukan *waste assessment* dan mengalikan bobot pemborosan dengan masing-masing *tools*. Hasil perhitungan VALSAT dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan VALSAT

Waste	Weight	Mapping Tool						
		Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
<i>Overproduction</i>	0.15	0.15	0.45		0.15	0.45	0.45	
<i>Waiting</i>	0.11	0.99	0.99	0.11		0.33	0.33	
<i>Excessive Transportation</i>	0.15	1.35						0.15
<i>Inappropriate Processing</i>	0.08	0.71		0.24	0.08		0.08	
<i>Unnecessary Inventory</i>	0.18	0.54	1.62	0.54		1.62	0.54	0.18
<i>unnecessary Motion</i>	0.15	0.15	0.15					
<i>Defect</i>	0.18	0.18			1.62			
Total		4.07	3.21	0.89	1.85	2.40	1.40	0.33
Rank		1	2	6	4	3	5	7

Contoh perhitungan PAM pada *overproduction* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 PAM_{overproduction} &= 0.15 \text{ (nilai } Y_j \text{ final)} \times 1 \text{ (faktor pengali L)} \\
 &= 0.15
 \end{aligned}$$

2. Berdasarkan tabel 4.15 terlihat bahwa *rank tertinggi* mapping tools yaitu PAM disusul SCRM, *Demand Amplification Mapping*, *Quality Filter Mapping*, *Decision Point Analysis*, *Production Variety Funnel* dan *rank* terbawah mapping tools *Physical Structure Mapping*. Mengacu pada pernyataan Hines dan Rich (1997) bahwa pemakaian *tools* harus difokuskan pada minimal dua tertinggi *mapping tools* agar eliminasi *waste* lebih terarah. Maka peneliti memilih *tools mapping* dengan 2 *rank* tertinggi yaitu PAM dan SCRM.

4.3.2.3.1 *Process Activity Mapping (PAM)*

PAM merupakan *tools* yang mampu menggambarkan tahapan proses produksi secara lebih detail. PAM berfungsi untuk mengkategorikan *value adding activity* (VA), *non value adding activity* (NVA) dan *necessary non value adding activity* (NNVA). Tujuannya agar dapat mengidentifikasi *waste* pada *value stream* dan mengoptimalkan proses menjadi lebih efisien dan efektif. Pembuatan PAM sebagai berikut:

1. Mencatat semua aktivitas yang dilakukan pada pembuatan Spun Pile diantaranya deskripsi aktivitas, jarak perpindahan, waktu proses dan jumlah operator.
2. Mengkategorikan tiap aktivitas ke dalam aktivitas *Operation* (O), *Transport* (T), *Inspeksi* (I), *Storage* (S) dan *Delay* (D) dengan pendefinisian sebagai berikut.
 - a. *Operation* merupakan nilai yang memiliki tambah dan biaya.
 - b. *Transport* merupakan aktivitas perpindahan atau pergerakan part yang sebisa mungkin dapat diminimalisir.
 - c. *Inspeksi* merupakan aktivitas pemeriksaan atau pengecekan kualitas bahan baku, WIP maupun produk jadi.
 - d. *Storage* dan *Delay* merupakan aktivitas menunggu atau tanpa aktivitas.
3. Menganalisa tipe aktivitas apakah tergolong VA atau NVA atau NNVA.

Hasil dari langkah-langkah dalam pembuatan PAM dapat dilihat ringkasannya pada Tabel 4.16 dan lebih detail pada Lampiran 11.

Tabel 4.16 PAM Pembuatan Spun Pile

No	Proses	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jml Opr	Aktivitas					Ket.
						O	T	I	S	D	
1	Pengambilan bahan baku PC Bar dari gudang bahan baku ke cutting	Operator	15.66	52	1		T				NNVA
2	Memasukkan PC Bar ke dalam meja gulungan	Operator		84	1	O					VA
3	Melakukan proses cutting	Mesin Cutting		26	1	O					VA
4	Mengumpulkan hasil potongan PC Bar	Operator		150	1				S		NVA
5	Menunggu giliran untuk diproses	-		60	-					D	NVA

Tabel 4.16 PAM Pembuatan Spun Pile

No	Proses	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jml Opr	Aktivitas					Ket.
						O	T	I	S	D	
6	Memasukkan ujung PC Bar ke mesin heading	Operator		20	1	O					VA
...											
52	Mencari alat pelindung diri yaitu helm pelindung wajah	Operator		60	1					D	NVA
53	Melakukan proses demoulding	Operator		336	5	O					VA
54	Melakukan proses labelling	Mesin Logo WBP		120	1	O					VA
55	Melakukan <i>quality outgoing</i>	Operator		360	4			I			NNVA
56	Memindahkan produk ke trolley	Overhead crane	21.92	12	1		T				NNVA
57	Membawa produk ke arah stock yard	Trolley		42	1		T				NNVA
58	Pemindahan produk ke stockyard	Overhead crane	75.03	84	2		T				NNVA

Berdasarkan PAM pembuatan Spun Pile yang terdapat pada Tabel 4.16, selanjutnya dibuat tabulasi ringkasan perhitungan dari aktivitas O, T, I, S dan D yang dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan persentase VA, NVA dan NNVA dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.17 Tabulasi Perhitungan PAM

No	Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)
1	<i>Operation</i>	26	13989
2	<i>Transport</i>	15	798
3	<i>Inspeksi</i>	1	360
4	<i>Storage</i>	2	390
5	<i>Delay</i>	13	4067

Tabel 4.18 Presentase Klasifikasi PAM

No	Klasifikasi	Jumlah	Waktu (detik)	Presentase (%)
1	VA	26	13989	71.36%
2	NVA	15	1158	5.91%
3	NNVA	17	4457	22.74%
Total		58	19604	100%

Contoh perhitungan dalam menentukan persentase *value added* sebagai berikut.

$$\%_{value\ added} = \frac{13989}{19604} = 71.36\%$$

4.3.2.3.2 *Supply Chain Response Matrix (SCRM)*

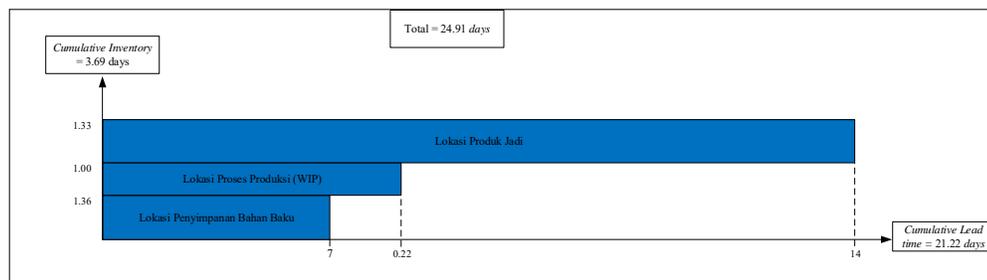
Hines dan Rich (1997) mengembangkan SCRM agar dapat diterapkan pada perusahaan manufakturing dengan jumlah produksi berdasarkan permintaan konsumen (*make to order*). SCRM merupakan sebuah grafik yang menggambarkan tingkat persediaan dan waktu distribusi pada area *supply chain*. Dua sumbu pada SCRM yaitu sumbu vertikal (menyatakan *cumulative inventory* pada masing-masing proses dan *supply chain*) dan horisontal (menyatakan *cumulative lead time* untuk merencanakan dan menggerakkan produk). Langkah-langkah dalam menentukan SCRM sebagai berikut:

1. Menentukan *lead time* dan jumlah persediaan dari bahan baku, WIP dan produk jadi yang dapat dilihat sebagai berikut:
 - a. Pada lokasi penyimpanan bahan baku, material diterima dari pemeriksaan bahan baku dengan rata-rata *lead time* selama 7 hari. Rata-rata jumlah *stock* bahan baku yang diterima sebanyak 109 pcs/hari, sedangkan produk jadi yang masuk sebesar 80 pcs/produk, maka jumlah persediaan sebanyak 1.36 hari.
 - b. WIP memiliki total *lead time* yaitu selama 19604 detik atau 0.22 hari. *Output* produksi rata-rata yang masuk sebanyak 80 pcs/hari dengan jumlah bahan baku yang diproses sebanyak 80 pcs/hari, maka jumlah persediaan 1 hari.
 - c. Lokasi penyimpanan produk jadi, rata-rata *lead time* pengiriman selama 14 hari. Rata-rata jumlah pengiriman sebanyak 60 pcs/hari sementara produk jadi yang masuk sebanyak 80 pcs/hari, maka jumlah persediaan sebanyak 1.33.
2. Menginput data *days physical stock* dan *lead time* selanjutnya melakukan perhitungan *cumulative lead times* dan *cumulative days physical stock* yang dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 SCRM Proses Produksi Spun Pile

No	Nama Bahan	<i>days physical stock</i>	<i>Lead time</i>	<i>Cumulative days physical stock</i>	<i>cumulative lead times</i>
1	Lokasi Penyimpanan Bahan Baku	1.36	7	1.36	7
2	Lokasi Proses Produksi (WIP)	1	0.22	2.36	7.22
3	Lokasi Produk Jadi	1.33	14	3.69	21.22
Total					24.91

3. Grafik SCRM produksi Spun Pile dari hasil Tabel 4.19 dapat dilihat pada Gambar 4.9.

**Gambar 4.9 Grafik SCRM Proses Produksi Spun Pile**

4.3.3 Distribusi masing-masing Proses

Waktu masing-masing proses yang terdapat pada Tabel 4.3 kemudian dilakukan stat fit untuk menentukan distribusi. Pemilihan distribusi ditentukan oleh 3 *rank* terbesar dengan *acceptance do not reject*. Distribusi yang terpilih merupakan distribusi yang diberi warna abu. Tabulasi ringkasan pemilihan distribusi waktu masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Pemilihan Distribusi Waktu Masing-Masing Proses

Proses	Distribusi Autofit	Rank
Cutting	Normal (260, 9.37)	100
	<i>Do not reject</i>	
	Lognormal (-960, 7.11, 0.00769)	98.9

Tabel 4.20 Pemilihan Distribusi Waktu Masing-Masing Proses

Proses	Distribusi Autofit	Rank
Cutting	<i>Do not reject</i>	98.9
	Uniform(240, 277)	9.14
	<i>Do not reject</i>	
Heading	Lognormal (244, 3.71, 0.143)	100
	<i>Do not reject</i>	
	Normal(286, 5.91)	66.7
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform (275, 296)	15.1
	<i>Do not reject</i>	
	Exponential (275, 10.6)	0.0327
<i>Reject</i>		
Caging	Lognormal (448, 3.63, 0.583)	100
	<i>Do not reject</i>	
	Exponential (460, 31.8)	32.6
	<i>Do not reject</i>	
	Normal (492, 24.4)	12.3
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform (460, 542)	0.0422
<i>Reject</i>		
Setting Joint Plate	Normal (233, 12.5)	100
	<i>Do not reject</i>	
	Lognormal (-994, 7.11, 0.0102)	98.7
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform (206, 261)	4.12
<i>Do not reject</i>		
Setting Moulding Bawah	Normal (314, 42.8)	96.5
	<i>Do not reject</i>	
	Lognormal (-2.83e+003, 8.05, 0.0136)	93.5
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform (243, 396)	41
<i>Do not reject</i>		
Batching	Lognormal (246, 3.77, 0.287)	96.3
	<i>Do not reject</i>	
	Normal (291, 12.9)	95.8
	<i>Do not reject</i>	
	Exponential (271, 20.3)	2.36
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform (271, 326)	0.0172
<i>Reject</i>		

Tabel 4.20 Pemilihan Distribusi Waktu Masing-Masing Proses

Proses	Distribusi Autofit	Rank
Pengecoran	Normal(705, 20.3)	100
	<i>Do not reject</i>	
	Lognormal(-1.26e+003, 7.58, 0.0104)	98
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform(664, 734)	6.22
	<i>Do not reject</i>	
Stressing	Lognormal(88.3, 3.86, 0.181)	100
	<i>Do not reject</i>	
	Normal(136, 8.6)	96.3
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform(123, 153)	30.7
	<i>Do not reject</i>	
	Exponential(123, 13.3)	3.57
	<i>Do not reject</i>	
Spinning	Lognormal(-354, 7.09, 0.00167)	36.5
	<i>Do not reject</i>	
	Normal(848, 2.01)	36.3
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform(846, 852)	4
	<i>Reject</i>	
	Exponential(846, 2.23)	0.0187
	<i>Reject</i>	
Steaming	Normal(1.27e+004, 5.42)	100
	<i>Do not reject</i>	
	Lognormal(1.07e+004, 7.57, 0.0028)	99.2
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform(1.26e+004, 1.27e+004)	0.00132
	<i>Reject</i>	
Demoulding	Normal(876, 12.2)	100
	<i>Do not reject</i>	
	Lognormal(-349, 7.11, 0.00993)	98.3
	<i>Do not reject</i>	
	Uniform(851, 895)	9.64
	<i>Do not reject</i>	

4.3.3.1 Lokasi

Pembuatan Spun Pile memiliki beberapa lokasi yang sesuai dengan *layout* dimana lokasi pada model ini merupakan semua *workstation* dan conveyor. Conveyor diasumsikan sebagai alat angkut pengganti *overhead crane* dan trolley yang bertujuan agar proses dapat disimulasikan lebih nyata. Terdapat 15 lokasi pada proses pembuatan Spun Pile yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 dibawah ini:

Icon	Name	Cap.	Thick	State	Sta...	State	Relax...
	Cutting	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Heading	2	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Capping	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Setting_Riser_Frame	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Setting_Moulding	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Setting	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Penempatan	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Processing	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Spinning	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Spinning	1	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Tempeliling	100	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Revolving_RC_Box	100	1	None		Time Expires	OK/Wait, Flush
	Revolving_RC_Box.1	100	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Revolving_RC_Box.2	100	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Revolving_RC_Box.3	100	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Revolving_Slave_State	100	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Stockyard	100	1	None		Time Expires	OK/Wait
	Revolving_gawir_semen	100	1	None		Time Expires	OK/Wait
	entahpasta	1000000	1	None		Time Expires	OK/Wait, FIFO
	entahbeton	1000000	1	None		Time Expires	OK/Wait, FIFO

Gambar 4.10 Lokasi Model Pembuatan Spun Pile

4.3.3.2 Entitas

Entitas merupakan material yang akan diproses, dimana pada model proses pembuatan Spun Pile diasumsikan terdapat 8 entitas. *Entitas* model pembuatan Spun Pile dapat dilihat pada Gambar 4.11 dibawah ini.

Icon	Name	Speed (fpm)	State
	RC_Box	100	Time Expires
	RC_Box_State	100	Time Expires
	Mixing	100	Time Expires
	Spinning_machine	100	Time Expires
	Spinning	100	Time Expires
	Revolving_RC_Box	100	Time Expires
	entahpasta	100	Time Expires
	entahbeton	100	Time Expires

Gambar 4.11 Entitas Model Pembuatan Spun Pile

4.3.3.3 Path Network

Path Network merupakan langkah-langkah proses yang akan dilewati oleh produk maupun *resource* dalam aliran prosesnya secara berurutan. *Path Network* model pembuatan Spun Pile dapat dilihat pada Gambar 4.12 dibawah ini.

Icon	Name	Type	Cap.	Thick	State	Sta...	Relax...	Relax...
	entahpasta	Resource	1000000	1	None			
	entahbeton	Resource	1000000	1	None			
	Revolving_RC_Box	Resource	100	1	None			
	Revolving_RC_Box.1	Resource	100	1	None			
	Revolving_RC_Box.2	Resource	100	1	None			
	Revolving_RC_Box.3	Resource	100	1	None			
	Revolving_Slave_State	Resource	100	1	None			
	Stockyard	Resource	100	1	None			

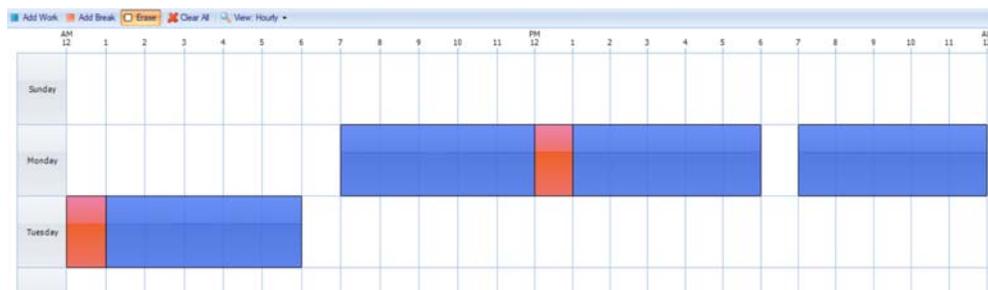
Gambar 4.12 Path Network Model Pembuatan Spun Pile

4.3.3.7 Shift Assement

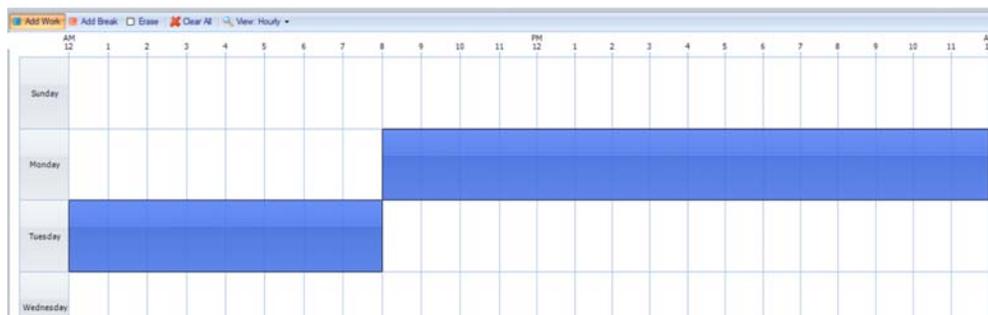
Shift assesment digunakan untuk menentukan *shift* dan *break* untuk lokasi dan *resource*. Proses pembuatan Spun Pile dibagi menjadi 2 *shift*, dimana *shift* 1 bekerja pada pukul 07.00 sampai dengan pukul 18.00, sementara *shift* 2 bekerja pada pukul 19.00 sampai dengan pukul 06.00. Waktu *break* semua lokasi dan *resource* terkecuali steam dengan *resource* trolley2 pada *shift* 1 yaitu pukul 12.00 sampai dengan pukul 13.00 dan *shift* 2 pukul 00.00 sampai dengan pukul 01.00, sementara mesin *steam* dengan *resource* trolley2 tidak memiliki waktu *break*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.16, 4.17 dan 4.18 dibawah ini.

Locations...	Resources...	Calendar File...	Priorities...	Logic...	Disable
antazbeton, antaspasil, batching, overhead, overheadcraneetipa, overgasteamya.pncal	trolley2	STEAM.pncal	99, 99, 99, 99		No
Steaming	trolley2	STEAM.pncal	99, 99, 99, 99		No

Gambar 4.16 Shift Assement Lokasi dan Resource



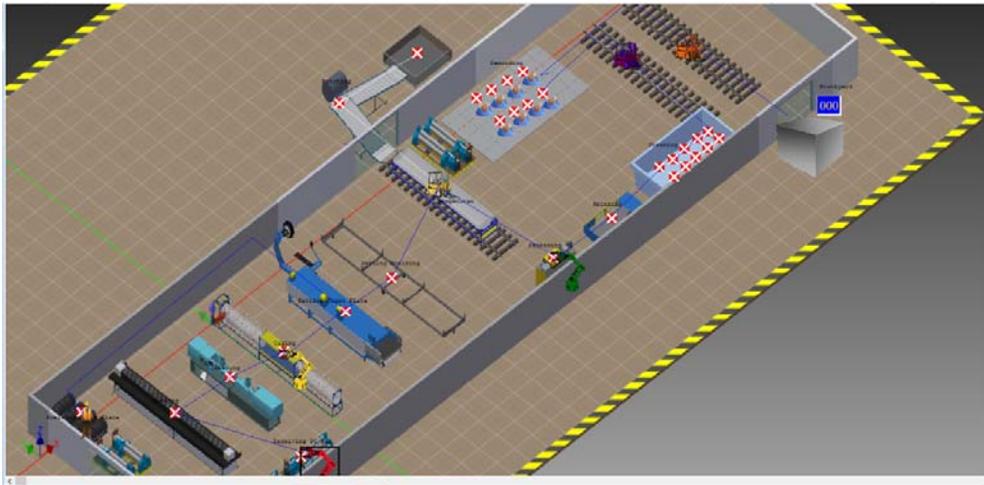
Gambar 4.17 Calendar Editor semua Lokasi dan Resource (terkecuali steam dengan resource trolley2)



Gambar 4.18 Calendar Editor Lokasi Steam dengan resource trolley2

4.3.3.8 Model

Observasi langsung telah dilakukan untuk melihat *layout* sesungguhnya dari plant 1 maka untuk melakukan simulasi model digambarkan secara 3D menggunakan aplikasi *autodesk factory design utilities*. Model juga memperlihatkan lokasi untuk memperlihatkan langkah dalam pembuatan Spun Pile yang dapat lebih jelas dilihat pada Gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 4.19 *Layout Model Pembuatan Spun Pile*

4.3.3.9 Hasil Total *Entry Model*

Model yang telah dibuat sesuai dengan kondisi *real* disimulasikan selama 30 kali replikasi untuk proses demoulding dan dicari hasil dari *welch moving average* untuk menentukan keadaan *steady state* yang dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 *Total Entry dan Welch Moving Average Proses Demoulding*

<i>Period</i>	<i>Total Contents</i>	<i>Welch Moving Average</i>
1	106.00	106.00
2	113.00	109.00
3	108.00	112.80
4	121.00	114.86
5	116.00	115.78

Tabel 4.21 Total Entry dan Welch Moving Average Proses Demoulding

<i>Period</i>	<i>Total Contents</i>	<i>Welch Moving Average</i>
6	118.00	116.09
7	122.00	116.23
8	117.00	116.20
9	121.00	116.24
10	111.00	116.21
11	124.00	115.90
12	112.00	116.35
13	122.00	116.08
14	111.00	116.56
15	121.00	116.24
16	114.00	
17	119.00	
18	119.00	
19	113.00	
20	116.00	
21	110.00	
22	121.00	
23	121.00	
24	118.00	
25	108.00	
26	123.00	
27	122.00	
28	109.00	
29	115.00	
30	112.00	

Perhitungan *welch moving average* periode ke-2 dan periode ke-12 yaitu:

$$Welch_{periode\ 2} = \frac{106+113+108}{3} = 109.00$$

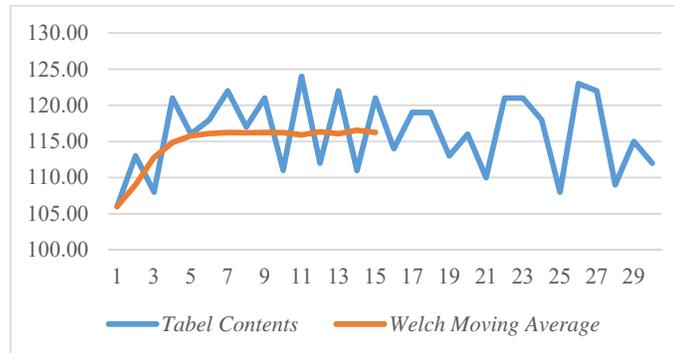
$$Welch_{periode\ 5} = \frac{106+113+108+121+116+118+122+117+121}{9} = 115.78$$

$$Welch_{periode\ 8} = \frac{106+113+108+\dots+122+111+121}{15} = 116.20$$

$$Welch_{periode\ 11} = \frac{106+113+108+\dots+113+116+110}{21} = 115.90$$

$$Welch_{periode\ 14} = \frac{106+113+108+\dots+108+123+122}{27} = 116.56$$

Grafik dari *warm up periode* dari hasil Tabel 4.21 dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Warm up Period

4.3.4 Proses Perbaikan dengan Penentuan *Takt Time* dan Kapasitas

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT Waskita Beton Precast Plant Subang bahwa jumlah permintaan Spun Pile dari data pada Tabel 4.1 sejumlah 23175 selama setahun. Jumlah hari kerja selama setahun di perusahaan yaitu selama 278 hari sehingga didapat rata-rata produk per hari sejumlah 80 produk. Jam kerja perusahaan dalam 2 *shift* dengan hasil pengurangan jam istirahat sebanyak 20 jam atau setara dengan 72.000 detik. Perhitungan *takt time* dilakukan pada setiap proses dimulai dari proses cutting sampai dengan demoulding dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 *Takt Time Per Proses*

Proses	<i>Uptime</i>	<i>Scrap</i>	<i>Customer Demand</i>	<i>Takt Time</i>	<i>Cycle Time</i>
Cutting	98%	2%	83	14.41	4.33
Heading	98%	0%	82	14.70	4.76
Caging	99%	0%	81	14.85	8.20
Setting Joint Plate (Impact)	98%	0%	82	14.70	3.89
Setting Moulding (Impact)	98%	0%	82	14.70	5.24
Batching	100%	0%	80	15.00	4.86
Cor	89%	0%	90	13.35	11.75
Stressing	99%	0%	81	14.85	2.27
Spinng	99%	0%	81	14.85	14.14
Steaming	99%	0%	81	14.85	24.213
Demoulding	98%	0%	82	14.70	14.60

Berikut contoh perhitungan *customer demand* dan *takt time* cutting secara berturut-turut menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Customer demand} &= \frac{80}{0.98 \times (1-0.02)} \\
 &= 83 \\
 2. \text{ Takt time} &= \frac{\text{available working per day}}{\text{customer demand rate per day}} \\
 &= \frac{1200}{83} \\
 &= 14.41
 \end{aligned}$$

Penambahan kapasitas terkait dengan jumlah mesin perlu dilakukan pada mesin steaming agar bisa mengatasi besarnya waktu *cycle time* yang dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Perbaikan Kapasitas Mesin

Proses	<i>Customer Demand</i>	<i>Takt Time</i>	<i>Cycle Time</i>	<i>P</i>	<i>N</i>
Steaming	81	14.85	24.213	82	15

Berikut contoh perhitungan *demand rate* (P) dan jumlah mesin dala proses caging secara berturut-turut menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ P} &= \frac{P_g}{E \times (1-P_d)} \\
 &= \frac{81}{0.99 (1-0.00)} \\
 &= 82 \\
 2. \text{ N}_i &= \frac{T_i}{60} \times \frac{P_i}{D} \\
 &= \frac{24}{60} \times \frac{82}{20} \\
 &= 1.653 \text{ dibulatkan menjadi } 2
 \end{aligned}$$