



Artikel Penelitian

Analisis *Lean Manufacturing* Produk Keramik dengan Pendekatan VALSAT dan Pemodelan DES Pada PT. Perkasa Primarindo

Daisy Fannysia¹, Sri Hartini¹, Prita Pantau Putri Santosa¹

¹ Program Studi Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 05 Juli 2022
 Direvisi : 30 Juli 2022
 Diterbitkan : 14 Agustus 2022

KATA KUNCI

DES, *Software Flexsim*, VALSAT, VSM, WAM

KORESPONDENSI

E-mail Author Korespondensi:
daisyfannysia917@gmail.com

A B S T R A K

PT. Perkasa Primarindo merupakan perusahaan manufaktur di bidang industri keramik. Permasalahan yang terjadi di PT. Perkasa Primarindo yaitu kemampuan perusahaan yang tidak optimal dalam memenuhi target produksi yang dipengaruhi oleh kualitas produk dan waktu produksi hingga ke tangan konsumen keramik akibat banyaknya cacat yang disebabkan antara lain ketergantungan beberapa proses produksi pada kondisi cuaca. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis bobot awal pemborosan, pemborosan dominan, *lead time* dari aktivitas-aktivitas dalam produksi dan memberikan usulan perbaikan aktivitas. Metode yang digunakan yaitu metode VALSAT dan pemodelan DES dengan menggunakan *software Flexsim* 6.0 untuk mengatasi pemborosan yang terjadi di PT. Perkasa Primarindo. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, hasil *waste assessment model* pemborosan yang dominan terjadi adalah *waste defect* sebesar 20,29%, *waste transportation* sebesar 18,39% dan *waste inventory* sebesar 13,00%. Berdasarkan hasil *output* VALSAT yaitu *mapping tools* yang terpilih untuk mengeliminasi pemborosan dominan adalah PAM dengan skor 567,66. Berdasarkan analisis PAM, pada kondisi aktual kategori aktivitas NNVA memiliki persentase waktu yang cukup tinggi yaitu sebesar 46,54%, kemudian NVA sebesar 0,09% dan VA sebesar 53,38%. Pada kondisi usulan, persentase waktu aktivitas NNVA dapat dikurangi menjadi 45,16%, kemudian NVA berkurang menjadi sebesar 0%, dan VA dalam kondisi sama dengan kondisi awal. Hal ini juga didukung terjadinya penurunan *lead time* penyelesaian pada hasil simulasi model yang diusulkan, dimana pada simulasi kondisi awal *lead time* menyelesaikan proses produksi adalah 501688,39 detik menjadi 474128,13 detik pada hasil simulasi kondisi usulan. Sehingga dengan menerapkan usulan perbaikan melalui *process activity mapping*, usulan kaizen dan pendekatan simulasi dapat menurunkan 5,49% *lead time* penyelesaiannya dari kondisi awal.

PENDAHULUAN

Permintaan akan kebutuhan konsumen semakin lama biasanya akan terus meningkat dan tentunya bervariasi sesuai dengan perkembangan era globalisasi. Pengaruh perkembangan era globalisasi membuat produk-produk yang dibuat harus mampu bersaing dengan kompetitor lainnya. Oleh karena itu, sebuah perusahaan harus mengembangkan kinerja dalam sistem produksi yang berperan penting dalam pengembangan produk. Pengembangan produk biasanya terjadi pada perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur yang kegiatannya mengubah atau mentransformasikan dari bahan baku menjadi barang setengah jadi atau barang jadi. Adhiem (2021:8) menyatakan untuk perekonomian nasional, industri manufaktur menyumbang kontribusi

yang positif, yang didukung oleh nilai indeks manajer pembelian atau *Purchasing Manager Index* (PMI) Indonesia yang cukup tinggi, yakni pada bulan April 2021 mencapai angka 54,6, naik dari periode sebelumnya pada bulan Maret 2020, yaitu 45,3. Kenaikan ini menunjukkan bahwa keberadaan industri manufaktur Indonesia eksklusif didukung oleh permintaan pasar yang kuat, tidak terkecuali industri manufaktur yang bergerak pada bidang pembuatan keramik. Perusahaan yang bekerja dalam bidang manufaktur keramik salah satunya adalah PT. Perkasa Primarindo. PT. Perkasa Primarindo adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur keramik yang telah berdiri sejak tahun 1988 dan berlokasi di wilayah Kabupaten Bekasi. PT. Perkasa Primarindo memproduksi keramik dan di ekspor keluar pulau.

Permasalahan yang ada pada PT. Perkasa Primarindo, yaitu kemampuan perusahaan yang tidak maksimal dalam



memenuhi target produksi yang dipengaruhi kualitas produk dan waktu produksi hingga ke tangan konsumen keramik karena banyaknya cacat yang disebabkan antara lain ketergantungan beberapa proses produksi pada kondisi cuaca dan permasalahan lainnya. Selain itu faktor lain dapat disebabkan adanya kesalahan operator (*human error*) saat bekerja dan adanya kerusakan mesin. Kerusakan mesin ini juga sering kali dialami oleh PT. Perkasa Primarindo dimana mesin *spray dryer* lama sudah sangat lama digunakan dan memerlukan perbaikan dan perawatan maksimal. Oleh karena itu, penerapan *Lean Manufacturing* perlu digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas atau kegiatan yang tidak memiliki nilai tambah sehingga dapat diminimalkan, agar produksi keramik bisa berjalan dengan efektif dan efisien yang akan meningkatkan produktivitas perusahaan.

Lean manufacturing berfokus pada melakukan perbaikan internal untuk menjadikan perusahaan di bidang operasi manufaktur, yang menghasilkan produk dan layanan yang unggulan kepada konsumen (Soetara, Machfud, Affandi, & Maulana, 2019:188). *Lean* merupakan pendekatan yang sistematis dalam melakukan perbaikan berkelanjutan yang menekankan pada pengurangan berbagai macam pemborosan yang tidak baik berupa pemborosan aktivitas maupun pemborosan sumber daya yang tidak memberikan nilai tambah pada produk (Arnando, F., 2015:10). Prinsip dasar lain dari *lean* adalah pandangan seluruh sistem ketika mengevaluasi bisnis yaitu aliran nilai (Carreira, 2005:2). Sehingga *lean* berarti serangkaian aktivitas atau solusi untuk mengeliminasi *waste*, mengurangi operasi *non-value added* (NVA) dan meningkatkan operasi *value added* (VA), sedangkan *manufacturing* sendiri didefinisikan sebagai proses atau upaya untuk mengolah dan mengubah bahan baku (material) menjadi suatu barang (barang jadi maupun setengah jadi) yang dilakukan secara mekanis maupun dengan mesin (Viana, N., 2017:7).

Adapun metode yang akan digunakan dalam menunjang penelitian ini menggunakan penerapan *Lean Manufacturing* dengan metode *Value Stream Mapping* (VSM), *Waste Assessment Model* (WAM), *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT) dan *Discrete Event Simulation* (DES) dalam menangani permasalahan yang ada pada PT. Perkasa Primarindo.

METODE

Data penelitian ini data diambil langsung dari sumber pertama yaitu Bapak Shodri selaku KA *Quality Control*, data yang diperoleh data waktu proses, jumlah stasiun kerja, logika alur proses produksi, data kedatangan bahan baku, jarak antar stasiun kerja dan waktu transportasinya, data kapasitas mesin atau stasiun kerja, data *historis* hasil produksi, data waktu penyelesaian produksi, jadwal kerja. Pada penelitian ini bersumber dari Bapak Shodri selaku KA *Quality Control* pihak PT. Perkasa Primarindo selaku

objek penelitian. Penelitian ini dilakukan pada PT. Perkasa Primarindo yang berlokasi di Jl. Setia Mekar No. KM. 38-39 Setiamekar, Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat.

Dalam menganalisa data-data ada beberapa metode yang terangkum dalam tahap metodologi DMAI (*Define, Measure, Analyse, Improve*). Metodologi ini bertujuan memudahkan tahap pengolahan dalam penelitian ini sehingga lebih sistematis dan terstruktur. Teknik analisis yang dipergunakan, diantaranya sebagai berikut:

Tahap Define

Tahap *Define* pada tahap ini, dilakukan perancangan *Current State Value Stream Mapping* (CSVSM) untuk menggambarkan secara representatif terhadap kondisi aktual sistem produksi sepanjang aliran *value stream*, baik itu aliran informasi maupun aliran material. *Value Stream Mapping* atau VSM merupakan metode pemetaan arus produksi dan arus informasi untuk menghasilkan sebuah produk, yang tidak hanya pada masing-masing area kerja, tetapi pada bagian total produksi serta mengidentifikasi kegiatan yang termasuk *value added* dan *non value added* (Hidayat, R., dkk. 2014:1033). Adapun data-data yang diperlukan dalam membuat VSM seperti, alur proses produksi, jumlah WIP dalam sistem, waktu siklus setiap proses, *lead time* dari keseluruhan proses, data *uptime* dan *available time* tiap stasiun kerja, serta alur proses bisnisnya.

Berikutnya adalah pembuatan model awal untuk mengetahui bagaimana kondisi dan kinerja sistem nyata. Dalam membuat model awal perlu adanya bantuan sebuah *software*, seperti yang akan digunakan peneliti yaitu *software Flexsim 6.0*. Model yang telah dibangun kemudian dilakukan verifikasi dan validasi untuk menguji bahwa model yang telah dibuat telah akurat dan *valid* dalam mewakili sistem yang sebenarnya.

Tahap Measure.

Pada tahap ini, dilakukan pengolahan data terkait identifikasi pemborosan dengan menggunakan *waste assessment model* (WAM). Adapun untuk alur pengolahan data dengan metode WAM secara rincinya adalah sebagai berikut:

1. Seven Waste Relationship

Dalam *Seven Waste Relationship* terdapat tujuh pemborosan yang saling berhubungan di antara tiap pemborosannya. Selanjutnya hasil kuesioner tersebut akan didapatkan skor untuk masing-masing hubungan pemborosan. Skor tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan nilai total tiap hubungan, kemudian nilai total tersebut dikonversi menjadi simbol A, I, U, E, O, X. Hasil konversi ini selanjutnya akan digunakan dalam pembuatan *Waste Relationship Matrix* (WRM).

2. Waste Relationship Matrix (WRM).

Waste Relationship Matrix merupakan matriks yang digunakan dalam analisis kriteria pengukuran pemborosan dan untuk menggambarkan hubungan nyata dari masing-masing jenis pemborosan. Pembobotan pada WRM ditotal untuk mendapatkan skor yang mana dapat menggambarkan pengaruh antar pemborosan. Skor tersebut dikonversikan kedalam bentuk persentase untuk lebih menyederhanakan matriks.

3. Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Kuesioner ini terdiri atas 64 pertanyaan yang berbeda, dimana kuesioner ini bertujuan untuk menentukan pemborosan mana yang terjadi. Setiap pertanyaan mewakili suatu aktivitas atau kondisi yang mungkin menimbulkan suatu jenis pemborosan. Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan “*From*”, maksudnya adalah pertanyaan tersebut menjelaskan jenis *waste* yang ada saat ini yang dapat memicu munculnya jenis *waste* lainnya berdasarkan WRM. Pertanyaan lainnya ditandai dengan tulisan “*To*”, yang artinya pertanyaan tersebut menjelaskan tiap jenis *waste* yang ada saat ini bisa terjadi karena dipengaruhi jenis *waste* lainnya.

Hasil pengolahan WAM tersebut akan diperoleh persentase pemborosan kritis dan hasil pembobotan tersebut akan digunakan sebagai *input* pada pengolahan *value stream analysis tools* (VALSAT). Dalam menganalisis lebih lanjut dan rinci terhadap pemborosan kritis yang telah diperoleh, diperlukan *value stream analysis tools* (VALSAT), dimana dari hasil VALSAT akan diperoleh *tools* yang sesuai dengan pemborosan yang

terjadi untuk menangani dan menganalisis *waste* tersebut lebih lanjut.

Tahap Analyse.

Setelah dilakukan pengolahan data dengan WAM dan VALSAT, pada tahap *analyse* ini akan dilakukan identifikasi akar penyebab terjadinya pemborosan yang dominan dengan analisis 5WH, analisis berdasarkan VSM, analisis berdasarkan PAM, analisis berdasarkan hasil simulasi model awal, dan analisis berdasarkan perbaikan dengan konsep *Kaizen*.

Tahap Improve.

Pada tahap *improve*, selanjutnya akan dirancang *proposed state* VSM. Dari hasil rancangan *proposed* VSM tersebut, akan dilakukan perancangan model dengan pendekatan *discrete event simulation* (DES) untuk mengetahui efek dari perbaikan tersebut terhadap sistem secara keseluruhan.

HASIL DAN DISKUS

Uji Normalitas dan Kecukupan Data

Pengumpulan data waktu siklus dilakukan dengan metode *stopwatch time study*, dimana data ini digunakan sebagai *input* dalam perancangan *value stream mapping* dan model simulasi. Pengambilan data waktu siklus dilakukan selama 10 kali pengamatan. Untuk dapat lanjut ke uji kecukupan data, data harus dinyatakan berdistribusi normal atau mendekati distribusi tersebut. Uji normalitas dilakukan dengan bantuan *software* SPSS. Hasil perolehan pengujian dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil dengan Uji Normalitas

Sub Proses	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk			Ket. Uji
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Penimbangan 1 Slip Body	.224	10	.168	.927	10	.423	Normal
Penimbangan 2 Engobe	.166	10	.200	.987	10	.992	Normal
Penimbangan 3 Glaze	.220	10	.185	.884	10	.147	Normal
Milling Slip Body	.184	10	.200	.933	10	.478	Normal
Milling Engobe	.141	10	.200	.969	10	.877	Normal
Milling Glaze	.33	10	.200	.977	10	.950	Normal
Milling Pasta	.209	10	.200	.922	10	.375	Normal
Penyaringan Slip Body	.159	10	.200	.963	10	.824	Normal
Mixer Slip Body	.183	10	.200	.924	10	.389	Normal
Pembuatan Powder	.224	10	.168	.838	10	.051	Normal
Pencetakan Green Tile	.246	10	.088	.869	10	.096	Normal
Pengeringan Green Tile	.135	10	.200	.935	10	.502	Normal
Pendinginan Blower	.183	10	.200	.932	10	.464	Normal
Pemberian Engobe	.262	10	.051	.947	10	.053	Normal
Pemberian Glaze	.194	10	.200	.931	10	.456	Normal
Pemberian Fix Lem	.176	10	.200	.954	10	.715	Normal
Pemberian Pasta	.147	10	.200	.926	10	.413	Normal
Pendinginan HC	.175	10	.200	.924	10	.390	Normal
Printing Motif	.154	10	.200	.913	10	.300	Normal
Pengeringan Pra-Printing	.204	10	.200	.934	10	.487	Normal
Pembakaran	.142	10	.200	.950	10	.667	Normal
Penyortiran	.174	10	.200	.888	10	.159	Normal
Pengemasan	.231	10	.140	.925	10	.397	Normal

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

(Sumber : Pengolahan Data, 2022)

Uji normalitas menunjukkan hasil bahwa seluruh data dinyatakan normal, dan memungkinkan dilanjutkan ke uji kecukupan data. Dengan rumus uji kecukupan data memiliki persamaan berikut.

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2 \tag{1}$$

Perhitungan kecukupan data dilakukan sehingga akan diperoleh hasil pengujian pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Uji Kecukupan Data Waktu Siklus

Sub Proses	Rata-Rata	SUM	N	N'	Ket. Uji
Penimbangan 1 Slip Body	3412.94	34129.38	10	0.00	Cukup
Penimbangan 2 Engobe	1845.88	18458.76	10	0.00	Cukup
Penimbangan 3 Glaze	1845.88	18458.80	10	0.00	Cukup
Milling Slip Body	11838.20	118381.96	10	0.00	Cukup
Milling Engobe	33024.63	330246.28	10	0.00	Cukup
Milling Glaze	44015.61	440156.10	10	0.00	Cukup
Milling Pasta	4709.64	47096.35	10	0.00	Cukup
Penyaringan Slip Body	2.52	25.19	10	0.19	Cukup
Mixer Slip Body	4.48	44.77	10	0.64	Cukup
Pembuatan Powder	1.68	16.84	10	0.08	Cukup
Pencetakan Green Tile	308.46	3084.58	10	0.00	Cukup
Pengeringan Green Tile	28.71	287.14	10	0.53	Cukup
Pendinginan Blower	0.46	4.62	10	3.57	Cukup
Pemberian Engobe	48.74	487.39	10	0.13	Cukup
Pemberian Glaze	48.31	483.08	10	0.22	Cukup
Pemberian Fix Lem	26.78	267.82	10	0.90	Cukup
Pemberian Pasta	60.36	603.63	10	0.07	Cukup
Pendinginan HC	11.33	113.34	10	4.39	Cukup
Printing Motif	39.04	390.38	10	0.32	Cukup
Pengeringan Pra-Printing	13.02	130.20	10	0.52	Cukup
Pembakaran	89.04	890.36	10	0.01	Cukup
Penyortiran	23.07	230.66	10	1.50	Cukup
Pengemasan	17.92	179.15	10	2.41	Cukup

(Sumber : Pengolahan Data, 2022)

Data yang diperoleh dinyatakan bahwa sudah mencukupi data dapat digunakan untuk pengolahan selanjutnya.

Data waktu siklus yang diperoleh mengacu pada proses produksi keramik 40 cm x 40 cm saja. Adapun pada saat pengamatan, terdapat 90565 meter keramik yang diproduksi dimana keramik 40 cm x 40 cm sejumlah 52250 meter dengan ukuran lain sejumlah 38315 meter. Pengamatan dilakukan selama 11 hari, dimulai dari proses produksi yang paling awal sampai keramik siap untuk dikirim. Selama pengamatan tersebut, waktu pengerjaan yang dibutuhkan untuk proses produksi keramik ukuran 40 cm x 40 cm saja memiliki pembagian persentase pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Persentase Pengerjaan Keramik 40 cm x 40 cm

Ukuran Keramik	Berat (kg)	Jumlah (meter/dus)	Total	%
40 cm x 40 cm	1.4	52250	74665.25	58%
25 cm x 25 cm	1.4	38315	54982.03	42%
Total	3	90565	129647	100%

(Sumber : Pengolahan Data, 2022)

Sehingga waktu pengerjaan untuk keramik ukuran 40 cm x 40 cm adalah 58% dari total waktu keseluruhan. Total waktu pengerjaan dari hari pertama sampai hari kesebelas adalah 871200 detik. Sedangkan untuk pengerjaan keramik 40 cm x 40 cm saja adalah 58% dari 871200 detik. Dapat dikatakan bahwa proses produksi keramik 40 cm x 40 cm membutuhkan waktu kurang lebih 501733,382 detik. Lamanya waktu tersebut akan dijadikan sebagai acuan waktu simulasi.

Data Experfit

Data *Experfit* merupakan data waktu proses berupa distribusi yang diperoleh dari beberapa kali pengamatan pada masing-masing stasiun kerja. Data tersebut digunakan sebagai *input modeling* pada pembuatan model simulasi. Adapun data *experfit* pada masing-masing proses dapat dilihat pada tabel 4 berikut

Tabel 4. Data *Experfit*

Sub Proses	Distribusi Waktu
Penimbangan 1 Slip Body	weibull(0.000000, 3413.203478, 8222.854893
Penimbangan 2 Engobe	weibull(1836.700921, 9.477440, 16.274688
Penimbangan 3 Glaze	weibull(0.000000, 1846.116698, 4650.460075
Milling Slip Body	johnsonbounded(11823.918381, 11851.454771, -0.837984, 11.319870
Milling Engobe	loglogistic(7795.455358, 25229.182716, 77372.021115
Milling Glaze	loglaplace(0.000000, 44015.640000, 118004.166302
Milling Pasta	johnsonbounded(4702.556282, 4715.575362, -1.096137, 6.137401
Penyaringan Slip Body	johnsonbounded(0.453435, 3.896269, -0.665748, 1.480713
Mixer Slip Body	johnsonbounded(2.063833, 5.956618, -0.884900, 1.681568
Pembuatan Powder	johnsonbounded(1.077094, 3.226552, 1.364306, 1.269896
Pencetakan Green Tile	beta(0.708986, 0.991443, 0.466944, 0.529070
Pengeringan Green Tile	johnsonbounded(27.909888, 29.512378, -0.020361, 0.471478
Pendinginan Blower	johnsonbounded(0.006881, 0.767608, -0.458751, 0.881169

Tabel 6. Rekapitulasi Skor Kuesioner Pemborosan

No	Pertanyaan Hubungan	Total	Skor Konversi
1	O_I	8	O
2	O_D	8	O
3	O_M	8	O
4	O_T	11	I
5	O_W	11	I
6	I_O	2	U
7	I_D	5	O
8	I_M	16	E
9	I_T	11	I
10	D_O	8	O
11	D_M	14	E
12	D_T	13	E
13	D_W	11	I
14	M_I	8	O
15	M_D	12	I
16	M_P	14	E
17	M_W	13	E
18	T_O	2	U
19	T_I	3	U
20	T_D	9	I
21	T_M	13	E
22	T_W	17	A
23	P_O	5	O
24	P_I	12	I
25	P_D	16	E
26	P_M	12	I
27	P_W	15	E
28	W_O	4	U
29	W_I	10	I
30	W_D	14	E

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

2. Waste Relationship Matrix (WRM)

Baris pada matriks menunjukkan efek suatu *waste* dengan enam *waste* lainnya, sedangkan kolom pada matriks menunjukkan *waste* yang dipengaruhi oleh *waste* lainnya. Hasil dari WRM akan menjadi *input* untuk penilaian *waste* yang dominan dari hasil *output Waste Assesment Questionnaire* (WAQ) (Sulistiyoningrum, C., 2018:16).

Berdasarkan hasil kategorisasi perhitungan keterkaitan antar pemborosan pada tabel rekapitulasi hasil kuesioner, akan dikonversikan ke dalam *waste relationship matrix* ke dalam bentuk persentase lebih sederhana seperti pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Waste Matrix Value

F/F	O	I	D	M	T	P	W	Skor	%
O	10	4	4	4	6	0	6	34	14,05%
I	2	10	4	8	6	0	0	30	12,40%
D	4	0	10	8	8	0	6	36	14,88%
M	0	4	6	10	0	8	8	36	14,88%
T	2	2	6	8	10	0	10	38	15,70%
P	4	6	8	6	0	10	8	42	17,36%
W	2	6	8	0	0	0	10	26	10,74%
Skor	24	32	46	44	30	18	48	242	100%
%	9,92%	13,22%	19,01%	18,18%	12,40%	7,44%	19,83%		

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Hasil konversi pada tabel 7 kemudian akan dikalikan dengan *output* pada WAQ untuk mengidentifikasi *waste* dominan yang terjadi pada sistem produksi.

3. Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Menurut Utama, D., dkk (2016:37) WAQ terdapat delapan tahapan perhitungan skor *waste* untuk mencapai hasil akhir berupa peringkat dari *waste*. Nilai pemborosan yang telah didapatkan pada *waste relationship matrix* akan digunakan untuk penilaian WAQ berdasarkan jenis pertanyaan. Pertama dilakukan pengelompokan jenis pertanyaan pada butir-butir pertanyaan WAQ. Tabel 9 berikut ini adalah pengelompokan jenis pertanyaan pada WAQ.

Tabel 8. Klasifikasi Jenis Pertanyaan

No	Type	Total
1	From overproduction	3
2	From inventory	7
3	From defects	11
4	From motion	11
5	From transportation	3
6	From process	7
7	From waiting	7
8	To defects	1
9	To motion	8
10	To transportation	1
11	To waiting	5
Total Keseluruhan		64

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Butir pertanyaan pada tabel 8, akan digunakan sebagai pembagi untuk menghitung bobot *waste* pada WAQ. Dapat dilihat bahwa jumlah pengelompokan jenis pertanyaan adalah 64. Mengindikasikan bahwa tidak ada butir pertanyaan yang hilang selanjutnya pada pembobotan awal berdasarkan WRM, hasil WMV pada proses sebelumnya kemudian dimasukkan ke butir-butir pertanyaan. Tiap *waste* akan memiliki nilai sesuai dengan nilai matriks WRM yang sudah dijabarkan. Dengan begitu, maka dapat diketahui bobot awal tiap pemborosan.

Selanjutnya menghitung nilai indikator awal untuk tiap jenis pemborosan, dimana dapat diperoleh dengan mengalikan rasio skor perkalian bobot dengan hasil kuesioner pada proses sebelumnya dan frekuensi indikator awal untuk masing-masing pemborosan. Adapun hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 9. Hasil Perhitungan *Waste Assessment Model*

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	0,12	0,11	0,10	0,08	0,13	0,11	0,08
Pj	139,38	163,93	282,87	270,52	194,68	129,16	212,97
Hasil Akhir (Yj final)	16,05	18,56	28,97	21,15	26,25	13,89	17,92
Hasil Akhir (%)	11,24%	13,00%	20,29%	14,81%	18,39%	9,73%	12,55%
Rank	6	3	1	4	2	7	5

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Berdasarkan tabel 9, dapat diketahui bahwa pemborosan yang paling dominan terjadi jenis pemborosan *defect* dengan hasil akhir 20,29%, *transportation* dengan hasil akhir 18,39% dan *inventory* dengan hasil akhir sebesar 13,00%. Apabila dijumlahkan ketiga persentase tersebut maka diperoleh nilai sebesar 51,67%.

Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Value stream analysis tools (VALSAT) merupakan sebuah pendekatan yang digunakan dengan melakukan pembobotan *waste*, kemudian dari pembobotan tersebut dilakukan pemilihan terhadap *tools* dengan menggunakan matrik (Satria, T., dan Yuliawati, E., 2018:58). *Value stream analysis tools* (VALSAT) dapat mengakomodasi *tools value stream* mana yang tepat sesuai dengan pemborosan yang terjadi. VALSAT memiliki konsep dengan mengalikan hasil pembobotan dari pemborosan dengan skala yang sudah ditetapkan. Adapun hasil pembobotan yang telah dimasukkan dalam tabel pemilihan *tools value stream* dapat dilihat pada tabel 10 sebagai berikut.

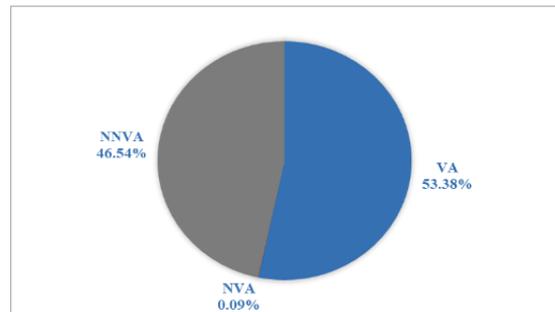
Tabel 10. Hasil Perkalian Bobot *Tools Value Stream*

No	Detailed Mapping Tools	Skor	Rank
1	Process Activity Mapping	567,66	1
2	Supply Chain Response Matrix	240,31	2
3	Production Variety Funnel	57,94	6
4	Quality Filter Mapping	153,68	3
5	Demand Amplification Mapping	108,85	5
6	Decision Point Analysis	112,58	4
7	Physical Structure	14,81	7

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

DOI: [10.52330/jtm.v20i2.63](https://doi.org/10.52330/jtm.v20i2.63)

Berdasarkan *detailed mapping tools* yang terpilih yaitu *Process Activity Mapping* (PAM), semua proses dan aktivitas dalam sepanjang aliran proses produksi diuraikan secara detail. Semua aktivitas telah diklasifikasikan berdasarkan aktivitas *value added* (VA), *necessary non-value added* (NNVA), dan *non-value added* (NVA). Adapun hasil pengelompokan aktivitas pada proses produksi keramik *flat* 40 cm x 40 cm menurut kategori VA, NVA dan NNVA secara representatif dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Klasifikasi Aktivitas VA, NVA, NNVA

Dapat diketahui bahwa aktivitas NNVA memiliki persentase waktu yang besar yaitu 46,54%, dimana tingginya nilai persentase ini disumbang terbesar oleh aktivitas *milling* dan penimbangan dari masing-masing bahan baku. Sedangkan untuk aktivitas VA yaitu sebesar 53,38% dan aktivitas NVA sebesar 0,09 % dari total keseluruhan waktunya. Berdasarkan PAM dari proses produksi pada tabel 11 berikut, tabel merupakan rekapitulasi waktu dan persentase setiap kategori aktivitas.

Tabel 11. Rekapitulasi PAM

Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)	% Waktu	% Aktivitas
Operasi (O)	20	5741,81	5,66%	35,09%
Transportasi (T)	3	3552,35	3,50%	5,26%
Inspeksi (I)	1	4,79	0,00%	1,75%
Storage (S)	6	90003,89	88,75%	10,53%
Delay (D)	27	2102,93	2,07%	47,37%
Total	57	101416,701	100%	100%
Klasifikasi	Jumlah	Waktu (detik)	% Waktu	% Aktivitas
VA	21	54131,81	53,38%	36,84%
NVA	5	86,26	0,09%	8,77%
NNVA	31	47198,627	46,54%	54,39%
Total	57	101416,70	100%	100%
Cycle Time (detik)			54131,814	
Lead Time (detik)			101416,70	

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Adapun ringkasan PAM dari hasil usulan perbaikan merupakan rekapitulasi waktu dan persentase setiap kategori aktivitas, berdasarkan PAM dari proses produksi pada tabel 12 berikut.

Tabel 12. Rekapitulasi PAM

Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)	% Waktu	% Aktivitas
Operasi (O)	19	4713,9	4,78%	36,54%
Transportasi (T)	3	2152,35	2,18%	5,77%
Inspeksi (I)	1	4,79	0,0049%	1,92%
Storage (S)	6	90003,89	91,20%	11,54%

Delay (D)	23	1772,72	1,80%	44,23%
Total	53	98647,65	100%	100%
Klasifikasi	Jumlah	Waktu (detik)	% Waktu	% Aktivitas
VA	20	54113,86	54,84%	37,74%
NVA	0	0,00	0,00%	0,00%
NNVA	33	44554,497	45,16%	62,26%
Total	53	98668,36	100%	100%
<i>Cycle Time (detik)</i>		54113,864		
<i>Lead Time (detik)</i>		98668,36		

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Analisis Hasil Identifikasi Pemborosan

Tiga jenis pemborosan dominan yang terpilih antara lain *defect*, *transportation* dan *inventory*. Ketiga jenis pemborosan ini akan dijadikan sebagai penentu fokus jenis pemborosan yang akan dieliminasi dalam penelitian ini. Analisis perbaikan dilakukan dengan menggunakan 5WH1 yang mana didasarkan pada pemborosan dominan yang telah didapatkan dengan analisis *waste assessment model* (WAM). Adapun analisis 5WH1 tersebut dapat dilihat pada tabel 13 berikut.

Tabel 13. Analisis Perbaikan dengan 5WH1

Jenis Pemborosan (What)	Sumber Pemborosan (Where)	Penanggung Jawab (Who)	Waktu Terjadi (When)	Penyebab (Why)	Saran Perbaikan (How)
<i>Defect</i>	<i>Inventory</i> (gudang penyimpanan material bahan baku) dan stasiun proses produksi terutama pencetakan.	Manajemen produksi dan operator pencetakan	Selama tersimpan digudang dan proses pencetakan	Kondisi cuaca lembab dan hujan serta kurangnya pelatihan dan <i>controlling</i> kinerja operator.	Menggunakan ruangan tertutup rapat atau didalam ruangan yang sama dengan proses produksi. Kemudian lebih banyak melakukan pelatihan, komunikasi dan <i>controlling</i> kinerja kepada operator.
<i>Transportation</i>	<i>Inventory</i> (gudang penyimpanan bahan baku dan barang jadi).	Operator <i>material handling</i>	Selama proses <i>material handling</i> bahan baku dan barang jadi	Terdapat jarak sedikit jauh antara <i>inventory</i> penyimpanan bahan baku dan terdapat penyimpanan produk jadi secara tidak teratur dan berjauhan.	Memperpendek antar jalur penyimpanan bahan baku dan proses produksi serta menyusun produk jadi secara lebih teratur dan tertata.
<i>Inventory</i>	<i>Inventory</i> (gudang penyimpanan produk jadi)	Operator <i>material handling</i>	Selama proses penyimpanan produk jadi dan material pendukung (kardus)	Kondisi area kerja yang kurang 5S menyebabkan pergerakan pergerakan operator terbatas dan penyimpanan yang kurang teratur dan tertata.	Merancang dan menerapkan konsep 5S pada area kerja di <i>inventory</i> serta menganalisis <i>layout area inventory</i> .

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Analisis Hasil Identifikasi Pemborosan Usulan Perbaikan

Rancangan usulan perbaikan yang dapat diterapkan pada proses produksi di PT. Perkasa Primarindo seperti usulan pada konsep Kaizen diantaranya memperpendek jalur *material handling* dan penambahan kapasitas *belt*, memberikan pencahayaan yang lebih lagi pada area *ball mill*, mempercepat proses pemasangan, mengganti metode pada pemberian engobe dan glaze, membuat tempat khusus untuk peralatan, perlu dilakukan pengecekan dan perawatan mesin secara berkala dan persiapan dalam stok kardus yang sudah dilipat disediakan sehari sebelum digunakan.

Berdasarkan hasil simulasi model awal diperoleh *lead time* penyelesaiannya adalah detik 501688,39 detik, sedangkan dari hasil simulasi pada model usulan *lead time* penyelesaian yang diperoleh adalah 474128,13 detik

sehingga dengan menerapkan usulan perbaikan pada kondisi usulan dapat menurunkan *lead time* penyelesaian sebesar 5,49% dari kondisi awal.

Analisis Model Simulasi

Berdasarkan usulan perbaikan yang telah dirancang sebelumnya, sebagian proses produksi mengalami penurunan waktu siklus. Waktu siklus usulan pada masing-masing proses kemudian dijadikan sebagai *input* pada perancangan *proposed state model* atau model usulan. Adapun hasil yang diperoleh pada model usulan yaitu terjadi penurunan *lead time* menjadi 474128,13 detik untuk meyakinkan bahwa terjadi perbedaan yang signifikan antar *lead time* mode awal dengan *lead time* model usulan perlu dilakukan uji beda. Berikut merupakan hasil perhitungan uji validasi data menggunakan dua pengujian dapat dilihat pada tabel 14 berikut.

Tabel 14. Hasil Perkalian Bobot *Tools Value Stream*

No	Pengujian	Nilai	Keputusan
1	Uji kesamaan dua rata-rata	17,851	Ditolak
2	Uji kesamaan dua variansi	4629,152	Ditolak

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Berdasarkan kedua pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari rata-rata dan variansi antar model awal dan model usulan. Pada model awal, rata-rata *lead time* penyelesaian adalah 501688,39 detik. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan

penerapan usulan perbaikan pada kondisi usulan dapat menurunkan *lead time* penyelesaian mencapai 5,49% dari hasil model awal.

Analisis Proposed State VSM

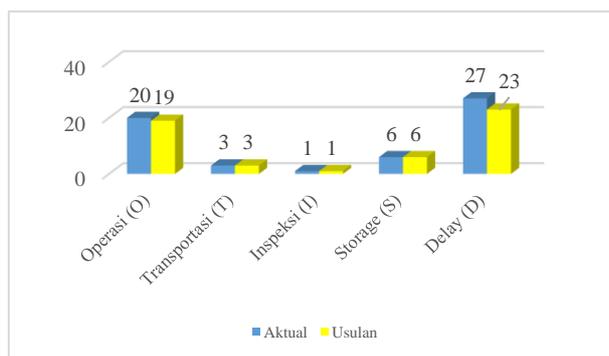
Berdasarkan rancangan usulan perbaikan yang telah dilakukan, maka dapat dilihat pemetaan hasil usulan dalam *proposed state value stream mapping* (VSM). Hasil perbandingan. Berikut ini merupakan perbandingan antara kondisi aktual dengan kondisi usulan pada tabel 15 berikut.

Tabel 15. Perbandingan *Uptime* dan *Cycle Time* pada Kondisi Aktual dan Usulan

Sub Proses	C/T (detik/unit)		Uptime (%)	
	Aktual	Usulan	Aktual	Usulan
Penimbangan 1 <i>Slip Body</i>	3412,94	2612,94	0,00%	0,00%
Penimbangan 2 Engobe	1845,88	1545,88	0,00%	0,00%
Penimbangan 3 Glaze	1845,88	1545,88	0,00%	0,00%
<i>Milling Slip Body</i>	11838,20	11538,20	91,23%	93,61%
<i>Milling Engobe</i>	33024,63	32652,75	0,00%	0,00%
<i>Milling Glaze</i>	44015,61	43600,70	98,15%	99,08%
<i>Milling Pasta</i>	4709,64	4603,52	0,00%	0,00%
Penyaringan <i>Slip Body</i>	2,52	2,52	79,37%	79,37%
<i>Mixer Slip Body</i>	4,48	4,48	92,19%	92,19%
Pembuatan <i>Powder</i>	1,68	1,68	100,00%	100,00%
Pencetakan <i>Green Tile</i>	308,46	257,24	2,26%	2,71%
Pengeringan <i>Green Tile</i>	28,71	25,78	0,00%	0,00%
Pendinginan <i>Blower</i>	0,46	0,46	0,00%	0,00%
Pemberian Engobe	48,74	48,74	6,81%	6,81%
Pemberian Glaze	48,31	48,31	6,60%	6,60%
Pemberian <i>Fix Lem</i>	26,78	25,78	15,12%	15,71%
Pemberian Pasta	60,36	35,76	1,86%	3,13%
Pendinginan HC	11,33	11,33	0,00%	0,00%
<i>Printing Motif</i>	3,95	20,21	10,12%	19,54%
Pengeringan <i>Pra-Printing</i>	13,02	13,02	0,00%	0,00%
Pembakaran	89,04	80,14	76,00%	84,44%
Penyortiran	4,79	4,79	20,76%	100,00%
Pengemasan	17,92	10,19	56,86%	100,00%

(Sumber: Pengolahan Data, 2022)

Berikut gambar 3 adalah perbandingan pada keadaan *current statet VSM* dan *proposed state VSM*.



Gambar 3. Perbandingan Jumlah Aktivitas pada Kondisi Aktual dan Usulan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bagian sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan bahwa pemborosan yang paling dominan terjadi pada rangkaian proses produksi adalah jenis pemborosan *defect* sebesar 20,29%, *transportation* sebesar 18,39% dan *inventory* sebesar 13,00%. Dengan menggunakan *Detailed mapping*

tools yang tepat digunakan dalam upaya mengeliminasi pemborosan *defect*, *transportation* dan *inventory* adalah *process activity mapping* (PAM) dengan skor 567,66. Berdasarkan hasil analisis PAM, total waktu untuk aktivitas *value added* adalah 5413,81 detik atau sebesar 53,38% dari total waktu keseluruhan, aktivitas *non-value added* adalah 86,26 detik atau 8,77% dari total waktu keseluruhan dan aktivitas *necessary non-value added* adalah 47198,627 detik atau 54,38% dari total waktu keseluruhan serta rancangan usulan perbaikan yang dapat diterapkan pada proses produksi di PT. Perkasa Primarindo seperti usulan pada konsep Kaizen, diantaranya memperpendek jalur *material handling* dan penambahan kapasitas *belt*, memberikan pencahayaan yang lebih lagi pada area *ball mill*, mempercepat proses pemasangan, mengganti metode pada pemberian engobe dan glaze, membuat tempat khusus untuk peralatan, perlu dilakukan pengecekan dan perawatan mesin secara berkala dan persiapan dalam stok kardus yang sudah dilipat disediakan sehari sebelum digunakan. Sehingga berdasarkan hasil simulasi model awal diperoleh *lead time* penyelesaiannya adalah detik 501688,39 detik, sedangkan dari hasil simulasi pada model usulan *lead time* penyelesaian yang diperoleh adalah 474128,13 detik sehingga dengan

menerapkan usulan perbaikan pada kondisi usulan dapat menurunkan *lead time* penyelesaian sebesar 5,49% dari kondisi awal.

Saran yang diberikan kepada PT. Perkasa Primarindo antara lain, menerapkan sistem kaizen berupa perbaikan kecil pada setiap proses secara berkelanjutan untuk mengurangi pemborosan proses, 5S pada keseluruhan proses dan area kerja yang melibatakn semua pihak, melakukan kontrol pada setiap lini proses produksi untuk mencegah terjadinya pemborosan, menumbuhkan komitmen seluruh pegawai untuk bersama-sama mewujudkan kondisi yang lebih baik berdasarkan rekomendasi perbaikan yang diberikan dan saat penerapan dipastikan bahwa untuk perbaikan berjalan sebagaimana mestinya perlu ditunjuk orang yang memiliki latar belakang teknik industri yang jelas dan berkompetensi untuk mengendalikan proses produksi dan rekomendasi yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiem, M. A. (2021). Prospek Sektor Manufaktur dan Pemulihan Ekonomi Nasional. *Info Singkat Bidang Ekonomi Dan Kebijakan Publik*, 13(9), 19–24.
- Arnando, F. (2015). *Analisis Waste dan Peningkatan Kualitas pada Proses Produksi Pengolahan Stainless Steel dengan Pendekatan Lean Manufaktur (Studi Kasus: PT.X)*.
- Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing That Works*.
- Hidayat, R., Tama, I. P., & Efranto, R. Y. (2014). Penerapan Lean Manufacturing Dengan Metode VSM Dan FMEA Untuk Mengurangi Waste Pada Produk Plywood (Studi Kasus Dept. Produksi PT Kutai Timber Indonesia). *Jurnal Universitas Brawijaya*, 5(2), 1032–1043.
- Lukman, L., & Anto Tri Susilo, A. (2019). Sistem Informasi dan Verifikasi Pengolahan Data Guru Sertifikasi pada Dinas Pendidikan Kabupaten Musirawas. *Jurnal Ilmiah Betrik*, 10(03), 150–160. <https://doi.org/10.36050/betrik.v10i03.58>
- Mahar, M. Y. M. (2020). Peningkatan Hasil Produksi Kertas Menggunakan Pendekatan Descrete Event Simulation (Study Kasus Pt Xyz). *JISO : Journal of Industrial and Systems Optimization*, 3(2), 58–62. <https://doi.org/10.51804/jiso.v3i2.58-62>
- Satria, T., & Yulawati, E. (2018). Perancangan Lean Manufacturing dengan Menggunakan Waste Assessment Model (WAM) dan VALSAT untuk Meminimumkan Waste (Studi Kasus: PT. XYZ). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 7(1), 55. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v7i1.2828.55-63>
- Mulyati, E., & Rananisa, H. (2019). Analisis Penerapan Lean Service Untuk Mengurangi Waste Pada Order Fulfillment Di PLB PT Agility International (Semarang). *Jurnal Logistik Bisnis*, 9(02), 31.
- Satria, T., & Yulawati, E. (2018). Perancangan Lean Manufacturing dengan Menggunakan Waste Assessment Model (WAM) dan VALSAT untuk Meminimumkan Waste (Studi Kasus: PT. XYZ). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 7(1), 55. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v7i1.2828.55-63>
- Soetara, A., Machfud, M., Affandi, M. J., & Maulana, A. (2019). Rancang Bangun Model Strategi Operasional Implementasi Lean Manufacturing Berkesinambungan Untuk Peningkatan Produktivitas Industri Pengolahan Kayu di Indonesia. *Jurnal Aplikasi Bisnis Dan Manajemen*, 5(2), 187–199. <https://doi.org/10.17358/jabm.5.2.187>
- Sulistiyoningrum, C. E. (2018). *Perancangan Lean Production dengan Pendekatan Value Stream Analysis Tools (VALSAT) dan Pemodelan Event Simulation (DES) pada Proses Produksi Bollard (Studi Kasus di CV. Mega Jaya Logam Klaten)*.
- Suprianto, Muhammad, & Indriani, A. (2018). Penerapan Metode Simulasi Kejadian Diskrit Pada Layanan Antar Pesan. *SENAPATI*, 9(0362), 27213. Retrieved from <http://pti.undiksha.ac.id/senapati>
- Tiara Dewi, Muhammad Amir Masruhim, R. S. (2016). Intervensi Pemerintah dalam Perjanjian Jual Beli Tanah dan/atau Bangunan Melalui PP No 34 Tahun 2016. *Laboratorium Penelitian Dan Pengembangan FARMAKA TROPIS Fakultas Farmasi Universitas Muallawarman, Samarinda, Kalimantan Timur*, 3(1), 85–103.
- Utama, D. M., Dewi, S. K., & Mawarti, V. I. (2016). Identifikasi Waste Pada Proses Produksi Key Set Clarinet Dengan Pendekatan Lean Manufacturing. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 15(1), 36. <https://doi.org/10.23917/jiti.v15i1.1572>
- Viana, N. (2017). *Analisis Lean Manufacturing untuk Mengurangi Pemborosan pada Produksi Teh Hitam CTC (Studi Kasus PT Perkebunan Nusantara XII Kebun Teh Wonosari, Malang)*. <https://doi.org/10.31510/infa.v17i2.1000>

NOMENKLATUR

Simbol persamaan 1.

- N' = Jumlah data yang seharusnya
 N = Jumlah aktual
 s = Tingkat ketelitian, penyimpangan maksimum hasil peramalan dari data sebenarnya ($k = 95\%$ dan $s = 5\%$, $k/s = 40$)
 k = Tingkat keyakinan

Konversi Skor Keterkaitan Antar Pemborosan.

Range	Type of Relationship	Symbol
17-20	Absolutely Necessary	A
13-16	Especially Important	E
9-12	Important	I
5-8	Ordinary Closeness	O
1-4	Unimportant	U
0	No Relation	X

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Wawancara WAQ

Pertanyaan		Tipe	Category	Jwb	Skor
Kategori: Manusia					
1	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerja (mesin) sehingga satu jenis pekerjaan dapat dilakukan oleh berbagai operator	To Motion	B	Sedang	0.5
2	Apakah <i>supervisor</i> menetapkan standar untuk jumlah waktu dan kualitas produk yang ditargetkan dalam produksi	From Motion	B	Ya	0
3	Apakah pengawasan untuk pekerjaan shift malam sudah cukup?	From Defects	B	Ya	0
4	Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja?	From Motion	B	Tidak	1
5	Apakah ada program pelatihan untuk karyawan baru?	From Motion	B	Ya	0
6	Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab kepada pekerjaannya?	From Defects	B	Sedang	0.5
7	Apakah perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di area kerja	From Process	B	Ya	0
Kategori: Material					
8	Apakah keterlambatan dari proses produksi tersedia untuk mengatur jadwal produksi	To Waiting	B	Ya	0
9	Apakah sudah terdapat pengecekan jadwal untuk ketersediaan material sebelum produksi dimulai?	From Waiting	B	Ya	0
10	Apakah barang/produk diterima dalam satu muatan	From Transportation	B	Ya	0
11	Apakah bagian perencanaan produksi memberikan pemberitahuan yang cukup sebelumnya kepada tenaga kerja bagian kontrol mengenai aktivitas penyimpangan barang?	Form Inventory	B	Ya	0
12	Apakah tenaga kerja bagian kontrol diingatkan sebelumnya mengenai perubahan <i>inventory</i> yang direncanakan	From Inventory	B	Ya	0
13	Apakah terdapat akumulasi material berlebihan yang menunggu diperbaiki, dikerjakan ulang, atau dikembalikan ke proses produksi	From Defects	A	Tidak	0
14	Apakah terdapat material tidak penting di sekitar tempat tumpukan materil?	From Inventory	A	Ya	1
15	Apakah tenaga kerja produksi berdiri di sekitar area produksi menunggu kedatangan material	From Waiting	A	Ya	1
16	Apakah material dipindahkan karena kondisi tempat dari pada kebutuhan produksi	To Defects	A	Ya	1
17	Apakah barang yang rapih serigkali rusak diaktivitas transportasi?	From Defects	A	Sedang	0.5
18	Apakah material yang dibongkar muat secara mekanik harus ditangani secara manual?	To Motion	A	Ya	1
19	Apakah digunakan wadah sebelum pengemasan untuk mempermudah perhitungan jumlah dan <i>materil handling</i> ?	From Waiting	B	Ya	0
20	Apakah jenis item disimpan dalam satu lokasi untuk meminimasi waktu yang dihabiskan dalam proses pencarian dalam penanganan persediaan?	From Motion	B	Tidak	1
21	Apakah tersedia tempat besar yang mudah dibawa untuk menghindari perulangan <i>handling</i> dengan tempat yang kecil?	From Transportation	B	Ya	0
22	Apakah material dapat diidentifikasi dengan tepat melalui nomor produk?	From Defects	B	Ya	0
23	Apakah material di uji untuk mengetahui kesesuaian terhadap spesifikasi ketika material akan digunakan?	From Motion	B	Ya	0
24	Apakah terdapat pemesanan bahan baku yang kemudian menyimpannya dalam persediaan meskipun bahan baku tersebut tidak diperlukan segera?	From Inventory	A	Tidak	0
25	Apakah terdapat penyimpanan produk yang masih dalam pengerjaan untuk diproses selanjutnya?	From Inventory	A	Tidak	0
26	Apakah terdapat pelanggaran rute aliran pengerjaan produk selama proses produksi?	To Waiting	B	Tidak	1
27	Apakah dilakukannya daur ulang untuk desain produk yang tidak sesuai?	From Defects	A	Tidak	0
28	Apakah bahan baku tiba tepat waktu ketika dibutuhkan?	From Inventory	B	Ya	0
29	Apakah terdapat tumpukan barang jadi didalam gudang yang tidak memiliki pelanggan yang tidak dijadwalkan?	From Overproduction	A	Ya	1
30	Apakah keramik jadi disimpan dengan baik?	To Motion	B	Ya	0
Kategori: Mesin					
31	Apakah pengujian terhadap efisiensi mesin dan penguji standar spesifikasi manufaktur sudah dilakukan secara periodik?	From Process	B	Sedang	0.5
32	Apakah beban kerja untuk tiap mesin dapat diprediksi dengan jelas?	To Waiting	B	Tidak	1
33	Ketika dalam suatu kali mesin telah dipasang, apakah ada tindak lanjut untuk melihat apabila mesin bekerja berdasarkan spesifikasinya?	From Process	B	Ya	0
34	Apakah kapasitas peralatan material handling cukup untuk mengangkat pekerjaan yang paling berat?	From Transportation	B	Ya	0
35	Apakah kebijakan produksi menekan anda untuk memproduksi lebih dalam rangka mencapai pemanfaatan mesin yang terbaik?	From Overproduction	A	Tidak	0
36	Apakah mesin sering berhenti karena gangguan mekanis?	From Waiting	A	Ya	1
37	Apakah peralatan yang diperlukan sudah tersedia dan cukup untuk tiap proses?	From Waiting	B	Ya	0
38	Apakah peralatan <i>material handling</i> membahayakan produk yang dibawa?	To Defects	A	Tidak	0

39	Apakah waktu <i>set up</i> mempengaruhi penundaan terhadap aliran operasi?	<i>From Waiting</i>	A	Ya	1
40	Apakah terdapat peralatan yang tidak dipakai atau rusak namun masih tersedia ditempat kerja?	<i>To Motion</i>	A	Ya	1
41	Apakah ada pertimbangan untuk meminimasi frekuensi dari <i>set up</i> dengan menyesuaikan penjadwalan dan desain?	<i>From Process</i>	B	Ya	0
Kategori: Metode					
42	Apakah luas area stok tersedia untuk menghindari kemacetan jalur transportasi?	<i>To Transportatin</i>	B	Sedang	0.5
43	Apakah ada sistem penomoran yang baik dalam pengambilan material untuk memudahkan dalam mencari untuk penyimpanan material?	<i>From Motion</i>	B	Ya	0
44	Apakah gedung dibagi menjadi dua area, area aktif untuk order yang paling sering dan stok cadangan untuk orderan lainnya?	<i>To Motion</i>	B	Ya	0
45	Apakah waktu produksi disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan?	<i>To Waiting</i>	B	Ya	0
46	Apakah ruang penyimpanan digunakan secara efektif untuk penyimpanan produk?	<i>From Waiting</i>	B	Tidak	1
47	Apakah jadwal produksi dikomunikasikan antar departemen, sehingga isi jadwal dipahami secara luas?	<i>To Defects</i>	B	Ya	0
48	Apakah sudah dibentuk standar produksi untuk memudahkan loading mesin dengan benar?	<i>From Motion</i>	B	Sedang	0.5
49	Apakah sudah ada suatu sistem <i>quality control</i> di dalam perusahaan yang selalu diterapkan?	<i>From Defects</i>	B	Ya	0
50	Apakah pekerjaan dan operasi memiliki waktu standar yang dibentuk melalui metode ilmu teknik industri?	<i>From Motion</i>	B	Ya	0
51	Apabila ditemukan suatu <i>delay</i> , apakah <i>delay</i> tersebut dikomunikasikan ke semua departemen?	<i>To Waiting</i>	B	Ya	0
52	Apakah kebutuhan produk yang umum dijadwalkan sehingga tidak ada pengulangan <i>set up</i> yang tidak semestinya untuk memproduksi item yang sama?	<i>Form Process</i>	B	Ya	0
53	Apakah ada suatu kemungkinan mengkombinasikan langkah tertentu untuk membentuk suatu langkah tunggal?	<i>From Process</i>	B	Tidak	1
54	Apakah ada prosedur untuk menginspeksi produk yang dikembalikan	<i>To Defects</i>	B	Ya	0
55	Apakah arsip <i>inventory</i> digunakan untuk tujuan seperti membeli material dan menjadwalkan produksi?	<i>From Inventory</i>	B	Ya	0
56	Apakah area penyimpanan diberi tanda pada bagian-bagian tertentu?	<i>To Motion</i>	A	Tidak	0
57	Apakah area gedung digunakan untuk menyimpan material yang tidak seharusnya disimpan?	<i>To Motion</i>	B	Tidak	1
58	Apakah kebanyakan aliran produksi mengalir satu arah?	<i>From Motion</i>	B	Ya	0
59	Apakah ada jadwal tetap untuk membersihkan pabrik?	<i>To Motion</i>	B	Tidak	1
60	Apakah ada suatu kelompok yang berurusan dengan deasin konstruksi komponen, <i>drafting</i> dan bentuk lain dari standarisasi?	<i>From Motion</i>	B	Ya	0
61	Apakah standar kerja memiliki tujuan yang jelas dan spesifik?	<i>From Motion</i>	B	Ya	0
62	Apakah ketidakseimbangan kerja dapat diprediksi?	<i>From Overproduction</i>	B	Ya	0
63	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	<i>From Process</i>	B	Ya	0
64	Apakah hasil <i>quality control</i> , uji produk, dan evaluasi dilakukan melalui ilmu keteknikan?	<i>From Defects</i>	B	Ya	0

Lampiran 2. Hasil Pembobotan Awal

Kategori	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Tiap Jenis Pemborosan						
		O	I	D	M	T	P	W
Manusia	<i>To Motion</i>	4	8	8	10	8	6	0
	<i>From Motion</i>	0	4	6	10	0	8	8
	<i>From Defects</i>	4	0	10	8	8	0	6
	<i>From Motion</i>	0	4	6	10	0	8	8
	<i>From Motion</i>	0	4	6	10	0	8	8
	<i>From Defects</i>	4	0	10	8	8	0	6
	<i>From Process</i>	4	6	8	6	0	10	8
Material	<i>To Waiting</i>	6	0	6	8	10	8	10
	<i>From Waiting</i>	2	6	8	0	0	0	10
	<i>From Transportation</i>	2	2	6	8	10	0	10
	<i>Form Inventory</i>	2	10	4	8	6	0	0
	<i>From Inventory</i>	2	10	4	8	6	0	0
	<i>From Defects</i>	4	0	10	8	8	0	6
	<i>From Inventory</i>	2	10	4	8	6	0	0
	<i>From Waiting</i>	2	6	8	0	0	0	10
	<i>To Defects</i>	4	4	10	6	6	8	8
	<i>From Defects</i>	4	0	10	8	8	0	6
	<i>To Motion</i>	4	8	8	10	8	6	0
	<i>From Waiting</i>	2	6	8	0	0	0	10
	<i>From Motion</i>	0	4	6	10	0	8	8
	<i>From Transportation</i>	2	2	6	8	10	0	10
	<i>From Defects</i>	4	0	10	8	8	0	6
	<i>From Motion</i>	0	4	6	10	0	8	8
	<i>From Inventory</i>	2	10	4	8	6	0	0
	<i>From Inventory</i>	2	10	4	8	6	0	0
	<i>To Waiting</i>	6	0	6	8	10	8	10

27		<i>From Defects</i>	4	0	10	8	8	0	6	
28		<i>From Inventory</i>	2	10	4	8	6	0	0	
29		<i>From Overproduction</i>	10	4	4	4	6	0	6	
30		<i>To Motion</i>	4	8	8	10	8	6	0	
31	Mesin	<i>From Process</i>	4	6	8	6	0	10	8	
32		<i>To Waiting</i>	6	0	6	8	10	8	10	
33		<i>From Process</i>	4	6	8	6	0	10	8	
34		<i>From Transportation</i>	2	2	6	8	10	0	10	
35		<i>From Overproduction</i>	10	4	4	4	6	0	6	
36		<i>From Waiting</i>	2	6	8	0	0	0	10	
37		<i>From Waiting</i>	2	6	8	0	0	0	10	
38		<i>To Defects</i>	4	4	10	6	0	8	8	
39		<i>From Waiting</i>	2	6	8	0	0	0	10	
40		<i>To Motion</i>	4	8	8	10	8	6	0	
41		<i>From Process</i>	4	6	8	6	0	10	8	
42		Metode	<i>To Transportation</i>	6	6	8	0	10	0	0
43			<i>From Motion</i>	0	4	6	10	0	8	8
44			<i>To Motion</i>	4	8	8	10	8	6	0
45	<i>To Waiting</i>		6	0	6	8	10	8	10	
46	<i>From Waiting</i>		2	6	8	0	0	0	10	
47	<i>To Defects</i>		4	4	10	6	0	8	8	
48	<i>From Motion</i>		0	4	6	10	0	8	8	
49	<i>From Defects</i>		4	0	10	8	8	0	6	
50	<i>From Motion</i>		0	4	6	10	0	8	8	
51	<i>To Waiting</i>		6	0	6	8	10	8	10	
52	<i>Form Process</i>		4	6	8	6	0	10	8	
53	<i>From Process</i>		4	6	8	6	0	10	8	
54	<i>To Defects</i>		4	4	10	6	0	8	8	
55	<i>From Inventory</i>		2	10	4	8	6	0	0	
56	<i>To Motion</i>		4	8	8	10	8	6	0	
57	<i>To Motion</i>		4	8	8	10	8	6	0	
58	<i>From Motion</i>		0	4	6	10	0	8	8	
59	<i>To Motion</i>		4	8	8	10	8	6	0	
60	<i>From Motion</i>		0	4	6	10	0	8	8	
61	<i>From Motion</i>		0	4	6	10	0	8	8	
62	<i>From Overproduction</i>		10	4	4	4	6	0	6	
63	<i>From Process</i>		4	6	8	6	0	10	8	
64	<i>From Defects</i>		4	0	10	8	8	0	6	
Total Skor			208	302	458	452	284	278	392	

Lampiran 5. Bobot Tiap Jenis Pemborosan

Kategori	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot Awal Tiap Jenis Pemborosan							
			W _{o,k}	W _{ik}	W _{d,k}	W _{m,k}	W _{tk}	W _{p,k}	W _{w,k}	
1	Manusia	<i>To Motion</i>	8	0.50	1.00	1.00	1.25	1.00	0.75	0.00
2		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
3		<i>From Defects</i>	11	0.36	0.00	0.91	0.73	0.73	0.00	0.55
4		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
5		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
6		<i>From Defects</i>	11	0.36	0.00	0.91	0.73	0.73	0.00	0.55
7	Material	<i>From Process</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	1.14
8		<i>To Waiting</i>	5	1.20	0.00	1.20	1.60	2.00	1.60	2.00
9		<i>From Waiting</i>	7	0.29	0.86	1.14	0.00	0.00	0.00	1.43
10		<i>From Transportation</i>	3	0.67	0.67	2.00	2.67	3.33	0.00	3.33
11		<i>Form Inventory</i>	7	0.29	1.43	0.57	1.14	0.86	0.00	0.00
12		<i>From Inventory</i>	7	0.29	1.43	0.57	1.14	0.86	0.00	0.00
13		<i>From Defects</i>	11	0.36	0.00	0.91	0.73	0.73	0.00	0.55
14		<i>From Inventory</i>	7	0.29	1.43	0.57	1.14	0.86	0.00	0.00
15		<i>From Waiting</i>	7	0.29	0.86	1.14	0.00	0.00	0.00	1.43
16		<i>To Defects</i>	1	4.00	4.00	10.00	6.00	6.00	8.00	8.00
17		<i>From Defects</i>	11	0.36	0.00	0.91	0.73	0.73	0.00	0.55
18		<i>To Motion</i>	8	0.50	1.00	1.00	1.25	1.00	0.75	0.00
19		<i>From Waiting</i>	7	0.29	0.86	1.14	0.00	0.00	0.00	1.43
20		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
21		<i>From Transportation</i>	3	0.67	0.67	2.00	2.67	3.33	0.00	3.33
22		<i>From Defects</i>	11	0.36	0.00	0.91	0.73	0.73	0.00	0.55
23		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
24		<i>From Inventory</i>	7	0.29	1.43	0.57	1.14	0.86	0.00	0.00
25		<i>From Inventory</i>	7	0.29	1.43	0.57	1.14	0.86	0.00	0.00
26		<i>To Waiting</i>	5	1.20	0.00	1.20	1.60	2.00	1.60	2.00
27		<i>From Defects</i>	11	0.36	0.00	0.91	0.73	0.73	0.00	0.55
28		<i>From Inventory</i>	7	0.29	1.43	0.57	1.14	0.86	0.00	0.00
29		<i>From Overproduction</i>	3	3.33	1.33	1.33	1.33	2.00	0.00	2.00
30		<i>To Motion</i>	8	0.50	1.00	1.00	1.25	1.00	0.75	0.00
31	Mesin	<i>From Process</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	1.14
32		<i>To Waiting</i>	5	1.20	0.00	1.20	1.60	2.00	1.60	2.00
33		<i>From Process</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	1.14
34		<i>From Transportation</i>	3	0.67	0.67	2.00	2.67	3.33	0.00	3.33
35		<i>From Overproduction</i>	3	3.33	1.33	1.33	1.33	2.00	0.00	2.00
36		<i>From Waiting</i>	7	0.29	0.86	1.14	0.00	0.00	0.00	1.43

37		<i>From Waiting</i>	7	0.29	0.86	1.14	0.00	0.00	0.00	1.43
38		<i>To Defects</i>	1	4.00	4.00	10.00	6.00	0.00	8.00	8.00
39		<i>From Waiting</i>	7	0.29	0.86	1.14	0.00	0.00	0.00	1.43
40		<i>To Motion</i>	8	0.50	1.00	1.00	1.25	1.00	0.75	0.00
41		<i>From Process</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	1.14
42	Metode	<i>To Transportation</i>	1	6.00	6.00	8.00	0.00	10.00	0.00	0.00
43		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
44		<i>To Motion</i>	8	0.50	1.00	1.00	1.25	1.00	0.75	0.00
45		<i>To Waiting</i>	5	1.20	0.00	1.20	1.60	2.00	1.60	2.00
46		<i>From Waiting</i>	7	0.29	0.86	1.14	0.00	0.00	0.00	1.43
47		<i>To Defects</i>	1	4.00	4.00	10.00	6.00	0.00	8.00	8.00
48		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
49		<i>From Defects</i>	11	0.36	0.00	0.91	0.73	0.73	0.00	0.55
50		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
51		<i>To Waiting</i>	5	1.20	0.00	1.20	1.60	2.00	1.60	2.00
52		<i>Form Process</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	1.14
53		<i>From Process</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	1.14
54		<i>To Defects</i>	1	4.00	4.00	10.00	6.00	0.00	8.00	8.00
55		<i>From Inventory</i>	7	0.29	1.43	0.57	1.14	0.86	0.00	0.00
56		<i>To Motion</i>	8	0.50	1.00	1.00	1.25	1.00	0.75	0.00
57		<i>To Motion</i>	8	0.50	1.00	1.00	1.25	1.00	0.75	0.00
58		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
59		<i>To Motion</i>	8	0.50	1.00	1.00	1.25	1.00	0.75	0.00
60		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
61		<i>From Motion</i>	11	0.00	0.36	0.55	0.91	0.00	0.73	0.73
62		<i>From Overproduction</i>	3	3.33	1.33	1.33	1.33	2.00	0.00	2.00
63		<i>From Process</i>	7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	1.14
64		<i>From Defects</i>	11	0.36	0.00	0.91	0.73	0.73	0.00	0.55
Skor (Sj)				54.91	62.00	105.27	83.82	61.82	64.00	88.36
Frekuensi (Fj)				53.00	51.00	64.00	56.00	36.00	35.00	48.00

Lampiran 3. Perkalian Antara Bobot dengan Hasil Kuesioner WAQ.

Kategori	Jenis Pertanyaan	Jwb n	Bobot Awal Tiap Jenis Pemborosan							
			W _{o,k}	W _{i,k}	W _{d,k}	W _{m,k}	W _{p,k}	W _{w,k}		
1	Manusia	<i>To Motion</i>	0.5	0.25	0.50	0.50	0.63	0.38	0.50	0.00
2		<i>From Motion</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3		<i>From Defects</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4		<i>From Motion</i>	1	0.00	0.55	0.55	0.91	0.00	0.73	0.91
5		<i>From Motion</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6		<i>From Defects</i>	0.5	0.09	0.00	0.45	0.36	0.27	0.00	0.36
7		<i>From Process</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Material	<i>To Waiting</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9		<i>From Waiting</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10		<i>From Transportation</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11		<i>Form Inventory</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12		<i>From Inventory</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13		<i>From Defects</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14		<i>From Inventory</i>	1	0.57	1.43	0.57	1.14	1.14	0.00	0.00
15		<i>From Waiting</i>	1	0.86	1.14	0.57	0.00	0.00	0.00	1.43
16		<i>To Defects</i>	1	2.00	4.00	10.00	6.00	6.00	8.00	4.00
17		<i>From Defects</i>	0.5	0.09	0.00	0.45	0.36	0.27	0.00	0.36
18		<i>To Motion</i>	1	0.50	1.00	1.00	1.25	0.75	1.00	0.00
19		<i>From Waiting</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20		<i>From Motion</i>	1	0.00	0.55	0.55	0.91	0.00	0.73	0.91
21		<i>From Transportation</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22		<i>From Defects</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23		<i>From Motion</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24		<i>From Inventory</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25		<i>From Inventory</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26		<i>To Waiting</i>	1	2.00	0.00	1.60	2.00	2.00	1.60	2.00
27		<i>From Defects</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28		<i>From Inventory</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29		<i>From Overproduction</i>	1	3.33	1.33	0.67	1.33	0.67	0.00	3.33
30		<i>To Motion</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31		Mesin	<i>From Process</i>	0.5	0.43	0.57	0.57	0.57	0.00	0.71
32	<i>To Waiting</i>		1	2.00	0.00	1.60	2.00	2.00	1.60	2.00
33	<i>From Process</i>		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	<i>From Transportation</i>		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	<i>From Overproduction</i>		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	<i>From Waiting</i>		1	0.86	1.14	0.57	0.00	0.00	0.00	1.43
37	<i>From Waiting</i>		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	<i>To Defects</i>		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	<i>From Waiting</i>		1	0.86	1.14	0.57	0.00	0.00	0.00	1.43
40	<i>To Motion</i>		1	0.50	1.00	1.00	1.25	0.75	1.00	0.00
41	<i>From Process</i>		0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	Metode	<i>To Transportation</i>	0.5	1.00	4.00	3.00	0.00	5.00	0.00	0.00
43		<i>From Motion</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44		<i>To Motion</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

