

## **USULAN MINIMASI BIAYA DAN PENYEBAB DELAY PADA PROYEK PROSES PRODUKSI TANKI TRAF0 60 MVA DENGAN METODE PERT DAN FUZZY LOGIC DI PT. SANGGAR SARANA BAJA**

Roesfiansjah Rasjidin, Melati Respati

Dosen Teknik Industri – Universitas INDONUSA Esa Unggul, Jakarta  
Mahasiswa Teknik Industri – Universitas INDONUSA Esa Unggul, Jakarta  
roesfiansjah.rasjidin@indonusa.ac.id

### **Abstrak**

Pada penyelenggaraan proyek terdapat proses pengambilan keputusan dan proses penetapan tujuan. Sistem penjadwalan proyek yang kurang tepat dapat mengganggu jalannya kegiatan produksi dan proyek tidak dapat selesai sesuai dengan waktunya. Selain itu, biaya yang digunakan dalam kegiatan produksi akan bertambah. Pada PT. Sanggar Sarana Baja, penyelesaian proyek yang tidak tepat waktu menyebabkan tingginya tingkat *delivery delay* (keterlambatan), khususnya pada *works department*. Ketidaksiuaian antara waktu penyelesaian proyek yang dijadwalkan dengan aktual pada *works department* berakibat pada keterlambatan penyelesaian keseluruhan proyek yang juga mengakibatkan keterlambatan pengiriman produk ke pelanggan (*customer*). Keterlambatan (*delay*) terutama terjadi pada penyelenggaraan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA. Pengendalian pelaksanaan proyek tersebut dilakukan dengan metode PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*). Dengan metode ini, ditentukan waktu penyelesaian proyek normal yaitu 410,66 jam dan biaya yang dikeluarkan yaitu sebesar \$ 5.632,81. Selain itu, juga ditentukan waktu percepatan penyelesaian proyek optimal yaitu 384 jam dengan biaya yang optimal pula yaitu sebesar \$5.650,26. Keterlambatan penyelesaian proyek disebabkan oleh terjadinya *rework*, mesin rusak dan kekurangan *manpower*. Berdasarkan analisa diketahui bahwa untuk menyelesaikan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA dengan waktu normal, jumlah *rework* yang diijinkan terjadi maksimal tiga kejadian, frekuensi mesin rusak maksimal 30 kejadian dan kekurangan *manpower* maksimal tiga kejadian setiap tahun. Untuk menyelesaikan proyek dengan waktu penyelesaian dipercepat dengan biaya minimum (384 jam), jumlah *rework* yang diijinkan terjadi maksimal dua kejadian, frekuensi mesin rusak maksimal 30 kejadian dan kekurangan *manpower* maksimal dua kejadian pada setiap tahun.

**Kata Kunci:** *Delivery delay*, Minimasi biaya, PERT, *fuzzy logic*.

### **Pendahuluan**

Pada penyelenggaraan suatu proyek terdapat proses pengambilan keputusan dan proses penetapan tujuan. Untuk dapat melaksanakan proses ini perlu adanya masukan informasi yang tepat dan kemampuan pengambilan keputusan yang tinggi agar dapat melak-

sanakan pengambilan keputusan. Keputusan yang telah diambil sesuai dengan arah yang telah ditetapkan. Supaya dapat melaksanakan keputusan yang telah diambil tersebut perlu adanya sumber daya yang dibutuhkan dalam keadaan siap pakai dan perlu adanya kemampuan yang tinggi untuk melak-sanakan proses

pengolahan sumber daya tersebut guna mencapai target (tujuan) yang diharapkan. Kedua macam proses ini, yaitu proses pengambilan keputusan dan penetapan kebijaksanaan serta proses pelaksanaannya merupakan sistem operasi pada penyelenggaraan proyek.

Proyek-proyek khusus secara terus menerus direncanakan dan diproduksi dalam semua jenis organisasi (perusahaan). Sebagai contoh, pengembangan produk baru, perluasan gedung, atau membangun pabrik baru. Manajemen proyek-proyek khusus ini membutuhkan sistem perencanaan, penjadwalan (*scheduling*) dan pengawasan yang berbeda dengan manajemen kegiatan-kegiatan produksi barang dan jasa yang berulang-ulang.

Sistem penjadwalan yang tepat merupakan masalah yang sangat penting bagi perusahaan. Sistem penjadwalan yang kurang tepat dapat mengganggu jalannya kegiatan produksi dan proyek tidak dapat selesai sesuai dengan waktunya. Selain itu, biaya yang digunakan dalam kegiatan produksi akan bertambah.

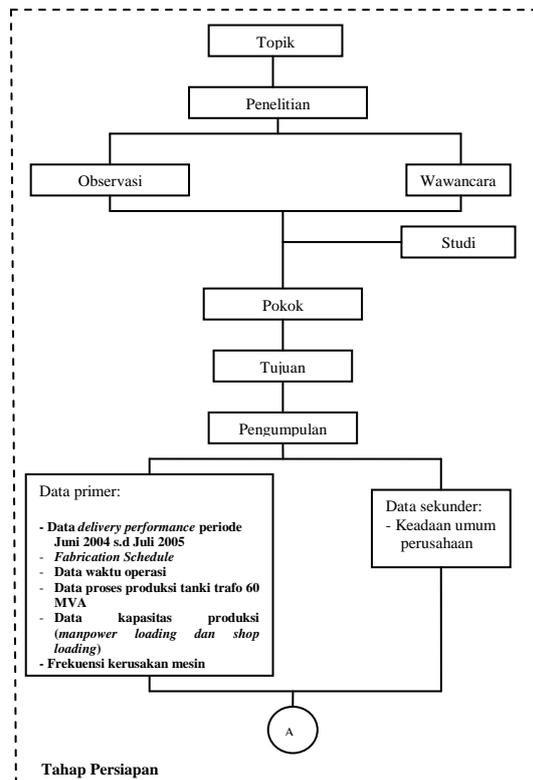
Hal ini juga dialami oleh PT. Sanggar Sarana Baja. Penyelesaian proyek yang tidak tepat waktu menyebabkan tingginya tingkat *delivery delay* (keterlambatan), khususnya pada *works department*. Ketidaksiharian antara waktu penyelesaian proyek yang dijadwalkan dengan aktual pada *works department* berakibat pada keterlambatan penyelesaian keseluruhan proyek yang juga mengakibatkan keterlambatan pengiriman produk ke pelanggan (*customer*). Oleh karena itu, pelanggan mengalami ketidakpuasan yang dituangkan dalam *customer complain*.

Untuk menanggulangi keterlambatan waktu penyelesaian proyek, perlu diteliti penyebab-penyebab terjadinya keterlambatan. Penyebab-penyebab keterlambatan tersebut diminimasi menggunakan logika fuzzy (*fuzzy logic*). Logika fuzzy digunakan karena dapat

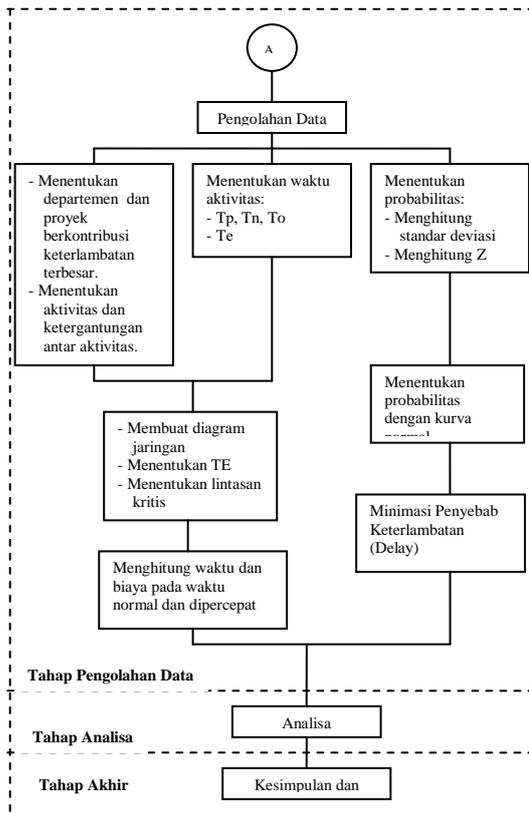
memetakan pengaruh interaksi antara ketiga penyebab keterlambatan terhadap waktu penyelesaian proyek, sehingga dapat dilakukan optimasi waktu penyelesaian proyek tersebut. Selain itu, biaya yang dikeluarkan dalam penyelenggaraan proyek dapat diminimasi menggunakan metode PERT yang dapat menggambarkan keterkaitan antar aktivitas-aktivitas pengerjaan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA secara lebih akurat karena menggunakan tiga jenis waktu.

### Metode Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Sumber: Hasil Pengolahan  
Gambar 1. Bagan Metode Penelitian



Sumber: Hasil Pengolahan

Gambar 2. Bagan Metode Penelitian

## Analisa dan Pembahasan Pengolahan Data

### a. Identifikasi Departemen Dengan Kontribusi Keterlambatan Terbesar.

Berdasarkan data *delivery performance* periode Juni 2004-Juli 2005 PT. Sanggar Sarana Baja untuk setiap departemen diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Jumlah Keterlambatan Setiap Departemen

Periode	Jumlah Keterlambatan Setiap Departemen			
	SMD	Design Eng.	MTO	Project
1	0	20	4	5
2	0	1	0	2
3	0	0	0	0
4	0	4	0	0
5	0	3	5	7
6	0	5	4	0
7	0	3	0	0
8	0	10	14	4
9	0	0	12	3
10	0	1	1	0
11	0	2	2	0
Total	0	49	42	21

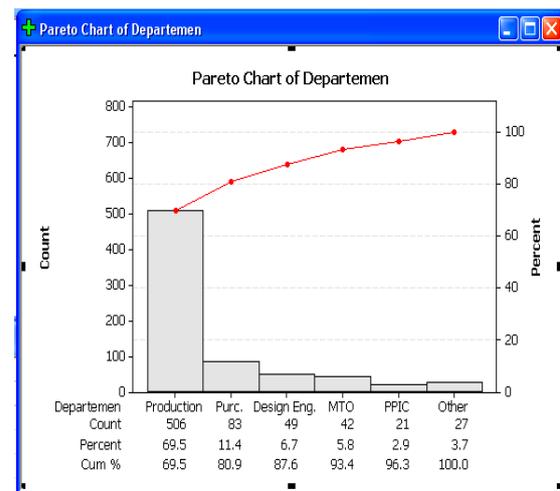
Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 2. Jumlah Keterlambatan Setiap Departemen

Periode	Jumlah Keterlambatan Setiap Departemen			
	Purc.	PPIC	QC	Production
1	7	0	1	48
2	5	2	0	35
3	0	0	0	10
4	7	0	0	24
5	5	10	1	33
6	14	4	0	165
7	9	2	0	68
8	31	0	0	45
9	0	0	4	24
10	0	0	0	38
11	5	3	0	16
Total	83	21	6	506

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dengan menggunakan *software* Minitab 14 dibuat diagram pareto untuk analisis departemen dengan kontribusi keterlambatan terbesar seperti terlihat pada gambar 2.



Sumber: Hasil Pengolahan Data

Gambar 2. Diagram Pareto Keterlambatan

### b. Mengidentifikasi Aktivitas

Setelah dilakukan identifikasi proyek-proyek yang paling sering mengalami keterlambatan. Hasil dari tahap ini yaitu bahwa proyek pembuatan tanki trafo 60 MVA merupakan proyek yang waktu penyelesaiannya paling sering tidak sesuai jadwal (*fabrication schedule*). Aktivitas-aktivitas di bawah ini disusun berdasarkan urutan-urutan

kegiatan pada *fabrication schedule*, khususnya untuk proses produksi tanki trafo 60 MVA. Aktivitas-aktivitas yang dilakukan dalam proses produksi tanki trafo 60 MVA dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 3. Aktivitas Proses Produksi Tanki Trafo**

Kode	Identitas Kegiatan
A	<i>Procurement Material</i>
B	<i>Cutting forming cradle</i>
C	<i>Machining dan drill cradle</i>
D	<i>Cutting forming material tanki, cover</i>
E	<i>Cutting forming material conservator dan piping</i>
F	<i>Machining dan drill material tanki, cover</i>
G	<i>Setting welding cradle assy</i>
H	<i>Inspection</i>
I	<i>Setting welding cover</i>
J	<i>Setting welding tanki assy</i>
K	<i>Setting welding conservator dan piping</i>
L	<i>Trial assy</i>
M	<i>Final Inspection clean up</i>
N	<i>Blasting, painting dan packing cradle</i>
O	<i>Leak test conservator</i>
P	<i>Blasting, paint cover</i>
Q	<i>Final Inspection dan shipment cover dan assesoris</i>
R	<i>Blasting dan painting tanki</i>
S	<i>Final Inspection dan shipment tanki</i>

Sumber: Hasil Pengolahan Data

**c. Penentuan Waktu Optimistik, Waktu Realistik dan Waktu Pesimistik**

Berikut ini dilakukan penentuan waktu optimistik, pesimistik, dan waktu realistik berdasarkan data waktu pengerjaan setiap aktivitas proses produksi tanki trafo 60 MVA pada empat proyek yang telah dilaksanakan.

**Tabel 4. Penentuan Waktu Optimistik, Waktu Realistik dan Waktu Pesimistik**

Kode	To (Jam)	Tn (Jam)	Tp (Jam)
A	48	62	80
B	24	28	32
C	8	20	24
D	40	62	80
E	24	30	40
F	40	44	56
G	72	78	96
H	8	8	8
I	80	110	128
J	144	162	192
K	96	112	136
L	24	24	24
M	8	8	8
N	16	16	16
O	8	8	8
P	24	30	32
Q	8	8	8
R	32	38	40
S	8	8	8

Sumber: Hasil Pengolahan Data

**d. Waktu yang Diharapkan Untuk Setiap Aktivitas.**

**Tabel 5. Waktu Aktivitas**

Kode	To (Jam)	Tn (Jam)	Tp (Jam)	Te (Jam)
A	48	62	80	62,67
B	24	28	32	28
C	8	20	24	18,67
D	40	62	80	61,33
E	24	30	40	30,67
F	40	44	56	45,33
G	72	78	96	80
H	8	8	8	8
I	80	110	128	108
J	144	162	192	164
K	96	112	136	113,33
L	24	24	24	24
M	8	8	8	8
N	16	16	16	16
O	8	8	8	8
P	24	30	32	29,33
Q	8	8	8	8
R	32	38	40	37,33
S	8	8	8	8

Sumber: Hasil Pengolahan Data

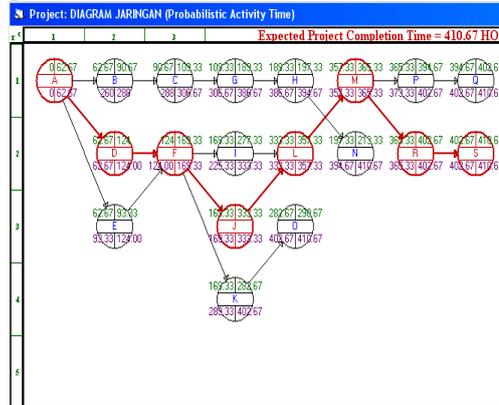
Keterangan:

Rumus Te yaitu:

$$Te(A) = \frac{To + 4(Tn) + Tp}{6}$$

**e. Diagram Jaringan PERT Dan Analisis Aktivitas**

Berdasarkan precedence ditentukan diagram jaringan untuk aktivitas-aktivitas penyelesaian proyek proses produksi tanki trafo seperti pada gambar 3.



Sumber: Hasil Pengolahan Data  
**Gambar 3. Diagram Jaringan**

Diagram jaringan di atas menghasilkan lintasan kritis, yaitu aktivitas-aktivitas yang jika pelaksanaannya terlambat dapat mengakibatkan keterlambatan pada waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Seperti terlihat pada tabel berikut:

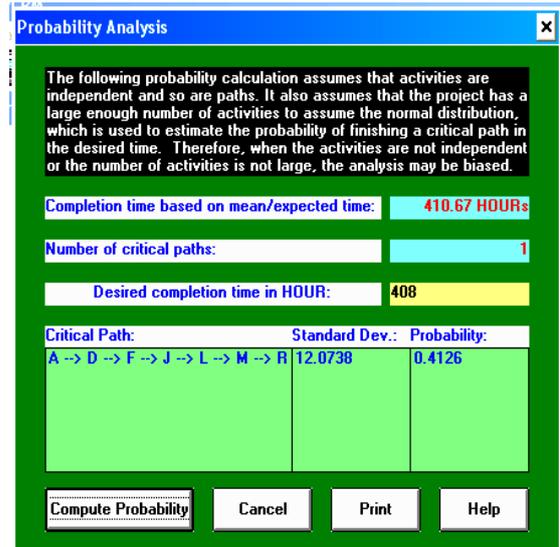
**Tabel 6. Lintasan Kritis**

01-18-2006	Critical Path 1
1	A
2	D
3	F
4	J
5	L
6	M
7	R
8	S
<b>Completion Time</b>	<b>410.67</b>
<b>Std. Dev.</b>	<b>12.07</b>

Sumber: Hasil Pengolahan Data

**f. Estimasi Probabilitas Penyelesaian Proyek Tepat Waktu**

Suatu proyek memiliki probabilitas untuk dapat menyelesaikan proyek sebelum atau sesudah waktu yang ditetapkan. Waktu penyelesaian yang dijadwalkan (TD) pada PT. Sanggar Sarana Baja yaitu 408 jam (51 hari).



Sumber: Hasil Pengolahan Data  
**Gambar 4. Analisis Probabilitas**

Pada hasil analisis probabilitas di atas (gambar 4.18) dapat dilihat bahwa probabilitas penyelesaian keseluruhan proyek sesuai dengan waktu yang dijadwalkan oleh perusahaan yaitu 41,26 %.

**f. Perhitungan Waktu Dan Biaya Proyek Pada Waktu Normal Dan Dengan Waktu Dipercepat**

Waktu penyelesaian proyek normal merupakan waktu yang diharapkan untuk setiap aktivitas pada proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA. Berdasarkan analisa, pelaksanaan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA pada waktu normal (410,66 jam) membutuhkan biaya sebesar \$ 5.632,81.

**Tabel 7. Waktu dan Biaya Penyelesaian Proyek Pada Kondisi Normal**

Activity Analysis for DIAGRAM JARINGAN (Using Normal Time)									
Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)		
1	A	Yes	62.67	0	62.67	0	62.6700	0	
2	B	no	28	62.67	90.67	259.9900	287.9900	197.3200	
3	C	no	18.67	90.67	109.34	287.9900	306.6600	197.3200	
4	D	Yes	61.33	62.67	124	62.6700	124.0000	0	
5	E	no	30.67	62.67	93.34	93.3300	124.0000	30.6600	
6	F	Yes	45.33	124	169.33	124.0000	169.3300	0	
7	G	no	80	109.34	189.34	306.6600	386.6600	197.3200	
8	H	no	8	189.34	197.34	386.6600	394.6600	197.3200	
9	I	no	108	169.33	277.3300	225.3300	333.3300	56.0000	
10	J	Yes	164	169.33	333.3300	169.3300	333.3300	0	
11	K	no	113.33	169.33	282.66	289.3300	402.6600	120.0000	
12	L	Yes	24	333.3300	357.3300	333.3300	357.3300	0	
13	M	Yes	8	357.3300	365.3300	357.3300	365.3300	0	
14	N	no	16	197.34	213.34	394.6600	410.6600	197.3200	
15	O	no	8	282.66	290.66	402.6600	410.6600	120.0000	
16	P	no	29.33	365.3300	394.66	373.3300	402.6600	8.0000	
17	Q	no	8	394.66	402.66	402.6600	410.6600	8.0000	
18	R	Yes	37.33	365.3300	402.6600	365.3300	402.6600	0	
19	S	Yes	8	402.6600	410.6600	402.6600	410.6600	0	
Project Completion Time =			410.66			HOURS			
Total Cost of Project =			\$5,632.81			(Cost on CP = \$2,693.93)			
Number of Critical Path(s) =			1						

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Sedangkan, waktu penyelesaian proyek dipercepat diasumsikan sama dengan waktu optimistik pengerjaan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA. Total waktu penyelesaian proyek menjadi 344 jam (43 hari), tetapi membutuhkan biaya yang jauh lebih mahal yaitu sebesar \$ 6.594,9.

**Tabel 8. Analisis Aktivitas Waktu Penyelesaian Proyek Dipercepat**

Activity Analysis for DIAGRAM JARINGAN (Using Crash Time)									
Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)		
1	A	Yes	48	0	48	0	48	0	
2	B	no	24	48	72	216	240	168	
3	C	no	8	72	80	240	248	168	
4	D	Yes	40	48	88	48	88	0	
5	E	no	24	48	72	64	88	16	
6	F	Yes	40	88	128	88	128	0	
7	G	no	72	80	152	248	320	168	
8	H	no	8	152	160	320	328	168	
9	I	no	80	128	208	192	272	64	
10	J	Yes	144	128	272	128	272	0	
11	K	no	96	128	224	240	336	112	
12	L	Yes	24	272	296	272	296	0	
13	M	Yes	8	296	304	296	304	0	
14	N	no	16	160	176	328	344	168	
15	O	no	8	224	232	336	344	112	
16	P	no	24	304	328	312	336	8	
17	Q	no	8	328	336	336	344	8	
18	R	Yes	32	304	336	304	336	0	
19	S	Yes	8	336	344	336	344	0	
Project Completion Time =			344			HOURS			
Total Cost of Project =			\$6,594.90			(Cost on CP = \$3,131.22)			
Number of Critical Path(s) =			1						

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Penyelesaian proyek dapat dipercepat secara optimal dengan penambahan biaya yang tidak terlalu besar, yaitu menjadi selama 384 jam dengan biaya sebesar \$ 5.650,26.

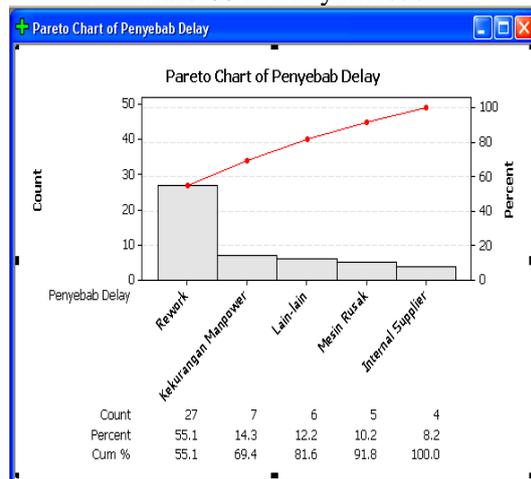
**Tabel 9. Biaya Minimum Penyelesaian Proyek**

Crashing Analysis for DIAGRAM JARINGAN										
Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost			
1	A	Yes	62.67	48	62.67	0	\$411.12	\$411.12		
2	B	no	28	24	28	0	\$183.68	\$183.68		
3	C	no	18.67	8	18.67	0	\$122.48	\$122.48		
4	D	Yes	61.33	40	40	\$139.92	\$402.32	\$542.25		
5	E	no	30.67	24	30.67	0	\$201.20	\$201.20		
6	F	Yes	45.33	40	40	\$34.96	\$297.36	\$332.33		
7	G	no	80	72	80	0	\$524.80	\$524.80		
8	H	no	8	8	8	0	\$52.48	\$52.48		
9	I	no	108	80	108	0	\$708.48	\$708.48		
10	J	Yes	164	144	164	0	\$1,075.84	\$1,075.84		
11	K	no	113.33	96	113.33	0	\$743.44	\$743.44		
12	L	Yes	24	24	24	0	\$157.44	\$157.44		
13	M	Yes	8	8	8	0	\$52.48	\$52.48		
14	N	no	16	16	16	0	\$104.96	\$104.96		
15	O	no	8	8	8	0	\$52.48	\$52.48		
16	P	no	29.33	24	29.33	0	\$192.40	\$192.40		
17	Q	no	8	8	8	0	\$52.48	\$52.48		
18	R	Yes	37.33	32	37.33	0	\$244.88	\$244.88		
19	S	Yes	8	8	8	0	\$52.48	\$52.48		
Early Reward:						(\$157.44)				
Overall Project:				384		\$174.89		\$5,632.81		\$5,650.26

Sumber: Hasil Pengolahan Data

**g. Minimasi Penyebab Delay Untuk Optimalisasi Proses Produksi Tanki Trafo 60 MVA**

Tiga penyebab terbesar keterlambatan (*delay*) pada proses produksi tanki trafo 60 MVA yaitu sbb:

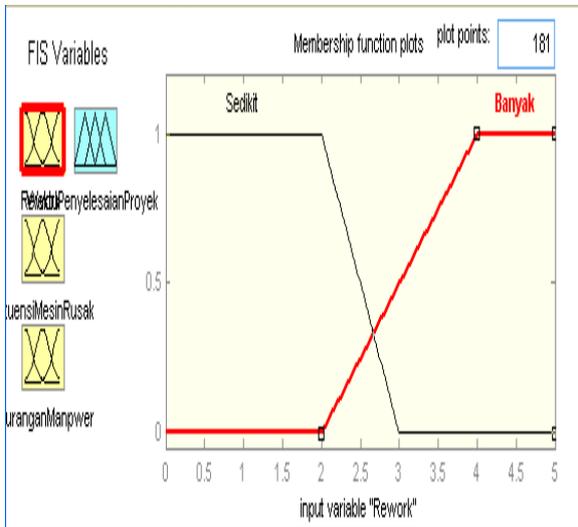


Sumber: Hasil Pengolahan Data

**Gambar 5. Diagram Pareto Penyebab Delay**

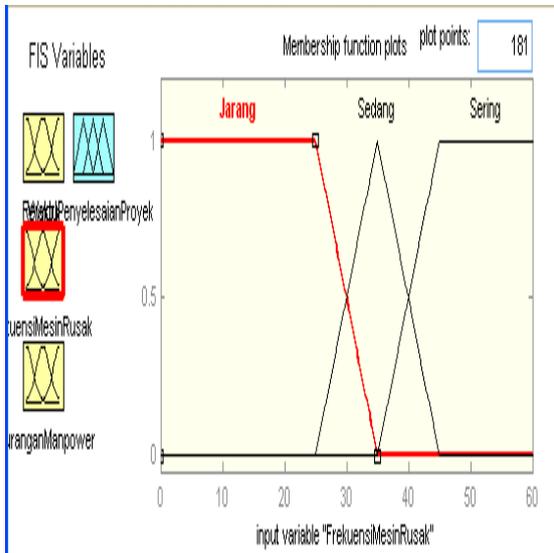
Variabel-variabel input di atas dipetakan pada fungsi keanggotaan sebagai berikut:

a. Fungsi Keanggotaan Variabel Rework



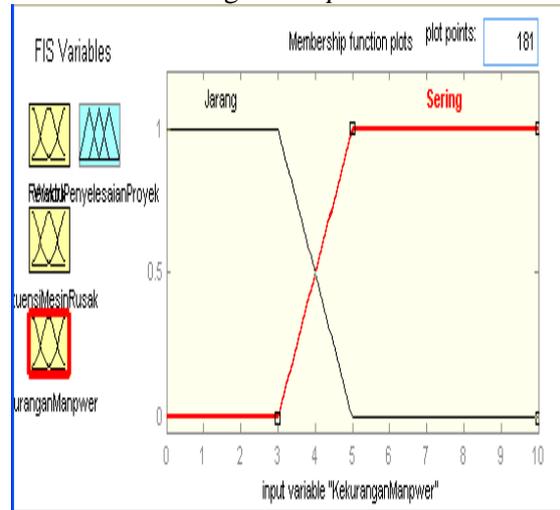
Sumber: Hasil Pengolahan Data  
**Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Variabel Rework**

b. Fungsi Keanggotaan Variabel Frekuensi Mesin Rusak



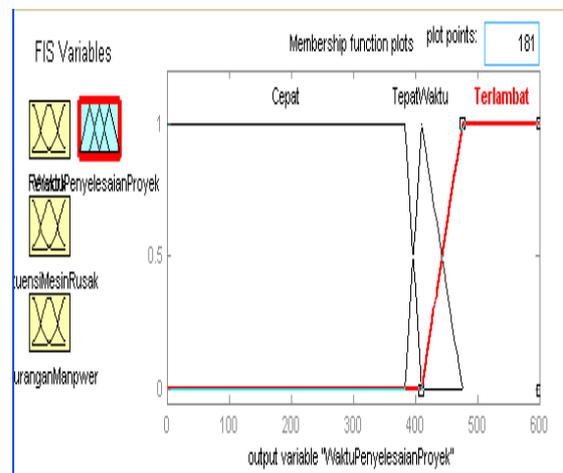
Sumber: Hasil Pengolahan Data  
**Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Variabel Frekuensi Mesin Rusak**

c. Fungsi Keanggotaan Variabel Kekurangan Manpower



Sumber: Hasil Pengolahan Data  
**Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Variabel Kekurangan Manpower**

Ketiga parameter proses di atas mempengaruhi keterlambatan waktu penyelesaian proyek dengan demikian variabel output fuzzy adalah waktu penyelesaian proyek.



Sumber: Hasil Pengolahan Data  
**Gambar 9. Fungsi Keanggotaan Variabel Output Waktu Penyelesaian Proyek**

**Proses Inferensi**

Proses inferensi ini menggunakan aturan Mamdani. Ada 12 fuzzy if then rules untuk menggambarkan

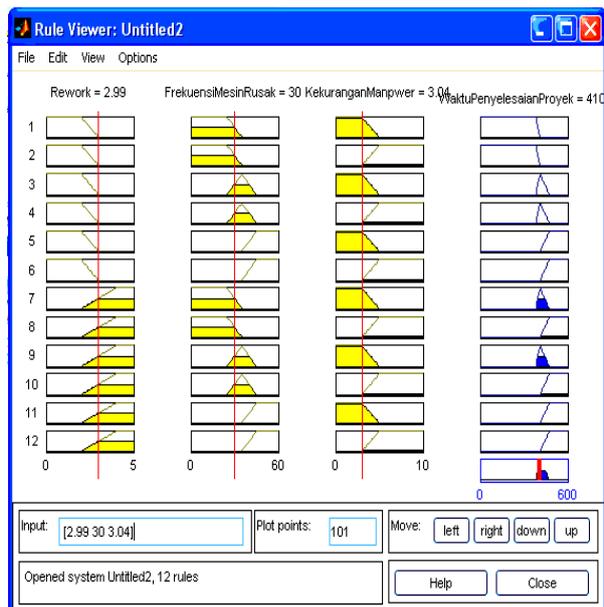
model fuzzy dari waktu penyelesaian proyek yaitu sebagai berikut:

1. Jika *rework* sedikit dan frekuensi mesin rusak jarang dan kekurangan *manpower* jarang maka waktu penyelesaian proyek cepat.
2. Jika *rework* sedikit dan frekuensi mesin rusak jarang dan kekurangan *manpower* sering maka waktu penyelesaian proyek cepat.
3. Jika *rework* sedikit dan frekuensi mesin rusak sedang dan kekurangan *manpower* jarang maka waktu penyelesaian proyek tepat waktu.
4. Jika *rework* sedikit dan frekuensi mesin rusak sedang dan kekurangan *manpower* sering maka waktu penyelesaian proyek tepat waktu.
5. Jika *rework* sedikit dan frekuensi mesin rusak sering dan kekurangan *manpower* jarang maka waktu penyelesaian proyek terlambat.
6. Jika *rework* sedikit dan frekuensi mesin rusak sering dan kekurangan *manpower* sering maka waktu penyelesaian proyek terlambat.
7. Jika *rework* banyak dan frekuensi mesin rusak jarang dan kekurangan *manpower* jarang maka waktu penyelesaian proyek tepat waktu.
8. Jika *rework* banyak dan frekuensi mesin rusak jarang dan kekurangan *manpower* sering maka waktu penyelesaian proyek terlambat.
9. Jika *rework* banyak dan frekuensi mesin rusak sedang dan kekurangan *manpower* jarang maka waktu penyelesaian proyek tepat waktu.
10. Jika *rework* banyak dan frekuensi mesin rusak sedang dan kekurangan *manpower* sering maka waktu penyelesaian proyek terlambat.
11. Jika *rework* banyak dan frekuensi mesin rusak sering dan kekurangan *manpower* jarang maka waktu penyelesaian proyek terlambat.
12. Jika *rework* banyak dan frekuensi mesin rusak sering dan kekurangan *manpower* sering maka waktu penyelesaian proyek terlambat.

## Defuzzifikasi

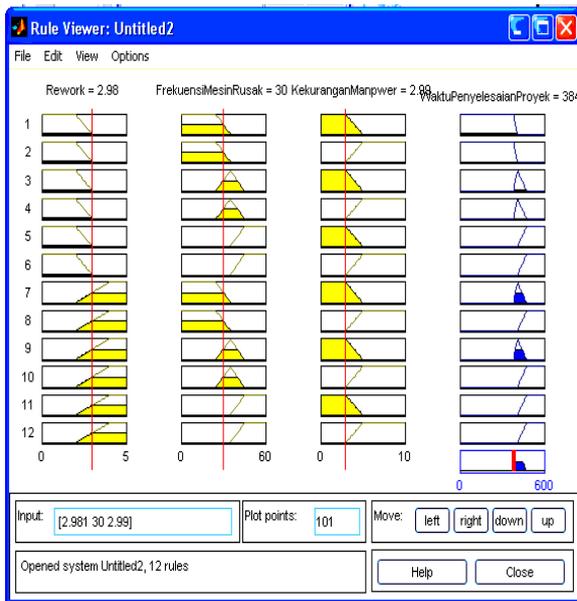
Defuzzifikasi ialah metode untuk memperoleh kembali nilai nyata (*crisp value*) dari himpunan nilai-nilai fuzzy yang telah didefinisikan untuk masing-masing parameter proses dan variabel *output* dari model di atas. Proses defuzzifikasi ini menggunakan metode *Centroid of Area* (COA) yang merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam proses defuzzifikasi.

Dengan bantuan *software* Matlab Ver 7.0.1 hasil defuzzifikasi yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4.25 dan gambar 4.26. Defuzzifikasi ini menunjukkan banyaknya *rework*, kekurangan *manpower*, dan frekuensi mesin rusak yang diijinkan terjadi jika perusahaan ingin mencapai waktu penyelesaian proyek normal (gambar 10) dan waktu penyelesaian proyek dipercepat (optimal) (gambar 11).



Sumber: Hasil Pengolahan Data

**Gambar 10. Hasil Inferensi pada Model If Then Rules Untuk Waktu Penyelesaian Proyek Normal**



Sumber: Hasil Pengolahan Data  
**Gambar 11. Hasil Inferensi pada Model If Then Rules Untuk Waktu Penyelesaian Proyek Dipercepat (Optimal)**

### Analisa

Pada PT. Sanggar Sarana Baja untuk menyelesaikan suatu aktivitas pada pelaksanaan proyek memerlukan biaya sebesar \$ 6,56 / jam (*manhour*). Dari biaya *manhour* tersebut dihitung biaya pada waktu normal dan biaya pada waktu dipercepat yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya dipercepat didapatkan dari biaya normal ditambah dengan biaya percepatan.

Pada percepatan penyelesaian proyek optimal, perusahaan menghemat biaya yang dianggarkan sebesar \$ 6,56 / jam jika dapat menyelesaikan proyek sebelum waktu yang dijadwalkan tanpa melakukan penambahan *manpower*.

Setelah dilakukan penentuan waktu dan minimasi biaya proyek, penulis melakukan penelitian terhadap penyebab-penyebab keterlambatan penyelesaian proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA. Tiga penyebab terbesar dari keterlambatan penyelesaian proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA yaitu: terjadinya *rework* (pekerjaan perbaikan akibat kesalahan

pekerjaan), kekurangan *manpower*, dan frekuensi mesin rusak.

Ketiga parameter proses yang mempengaruhi keterlambatan waktu penyelesaian proyek dinyatakan sebagai variabel input *fuzzy* yang merupakan variabel linguistik yaitu: banyaknya jumlah *rework*, dengan dua sekatan nilai *fuzzy* yaitu banyak dan sedikit; frekuensi mesin rusak, dengan tiga sekatan nilai *fuzzy* yaitu: sering, sedang dan jarang; dan kekurangan *manpower* dengan dua sekatan nilai *fuzzy* yaitu: sering dan jarang. Dengan menggunakan *software* Matlab Ver. 7.0.1 variabel-variabel input di atas dipetakan pada fungsi-fungsi keanggotaan. Ketiga parameter proses di atas mempengaruhi keterlambatan waktu penyelesaian proyek dengan demikian variabel output *fuzzy* adalah waktu penyelesaian proyek yang memiliki tiga sekatan nilai yaitu cepat, tepat waktu dan terlambat.

Pada variabel input jumlah *rework*, untuk sekatan nilai "sedikit" menggunakan representasi kurva trapesium karena jumlah *rework* lebih kecil sama dengan dua ( $x \leq 2$ ) yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan satu. Sedangkan, untuk sekatan nilai "banyak" juga menggunakan representasi kurva trapesium karena pada jumlah *rework* minimal sama dengan empat ( $x \geq 4$ ) memiliki derajat keanggotaan sama dengan satu. Variabel input yang kedua yaitu frekuensi mesin rusak yang direpresentasikan melalui kurva bahu. Daerah sekatan "jarang" dan "sering" berbentuk trapesium karena frekuensi mesin rusak sebanyak maksimal 25 kejadian dan minimal 45 kejadian ( $x \leq 25$  dan  $x \geq 45$ ) memiliki derajat keanggotaan sama dengan satu. Sedangkan, untuk sekatan nilai "sedang" berbentuk kurva segitiga dengan frekuensi mesin rusak sebanyak 35 kejadian yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan satu. Pada variabel input yang ketiga yaitu kekurangan *manpower*, sekatan nilai "jarang" meng-

gunakan representasi kurva trapesium dengan jumlah kejadian kekurangan *manpower* lebih kecil sama dengan tiga ( $x \leq 3$ ) yang memiliki derajat keanggotaan satu. Sedangkan, pada sekatan nilai "sering" jumlah kekurangan *manpower* sebanyak minimal lima ( $x \geq 5$ ) yang memiliki derajat keanggotaan satu sehingga direpresentasikan dengan kurva trapesium.

Selain variabel *input*, variabel *output* juga direpresentasikan. Variabel waktu penyelesaian proyek menggunakan representasi kurva bahu. Untuk sekatan nilai "cepat" dan "terlambat" menggunakan kurva trapesium karena waktu penyelesaian proyek selama maksimal 384 jam dan minimal 476 jam ( $x \leq 384$  dan  $x \geq 476$ ) memiliki derajat keanggotaan sama dengan satu. Sedangkan, untuk waktu penyelesaian proyek "tepat waktu" direpresentasikan dengan kurva segitiga karena hanya waktu penyelesaian proyek selama 410,66 jam yang memiliki derajat keanggotaan satu.

Tahap selanjutnya adalah inferensi yaitu pembuatan aturan yang menghubungkan antara variabel input dengan variabel *output*. Proses inferensi ini menggunakan aturan Mamdani. Untuk menggambarkan model *fuzzy* dari variabel waktu penyelesaian proyek terdapat 12 aturan *fuzzy if then rules*.

### Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. *Works department* merupakan departemen dengan kontribusi terbesar terhadap keterlambatan penyelesaian proyek.
2. Proyek yang memiliki tingkat keterlambatan tertinggi yaitu proyek tanki trafo 60 MVA.
3. Pelaksanaan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA memiliki satu lintasan aktivitas kritis yang sangat berpengaruh pada penyelesaian

proyek tepat waktu yaitu A,D,F,J, L,M,R,S dengan identitas kegiatan:

**Tabel 10. Proses Produksi Tanki Trafo 60 MVA**

Kode	Identitas Kegiatan
A	<i>Procurement</i> Material
D	<i>Cutting forming</i> material tanki, cover
F	<i>Machining</i> dan <i>drill</i> material tanki, cover
J	<i>Setting welding</i> tanki <i>assy</i>
L	<i>Trial assy</i>
M	<i>Final Inspection</i> clean up
R	<i>Blasting</i> dan <i>painting</i> tanki
S	<i>Final Inspection</i> dan <i>shipment</i> tanki

Sumber: Hasil Pengolahan

4. Waktu yang dijadwalkan perusahaan untuk menyelesaikan keseluruhan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA (408 jam) tidak sesuai karena waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan keseluruhan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA lebih lama yaitu selama 410,67 jam (52 hari).
5. Ketidaksiharian antara waktu yang dijadwalkan perusahaan dengan waktu yang diinginkan untuk menyelesaikan keseluruhan proyek menyebabkan probabilitas penyelesaian proyek tepat waktu hanya sebesar 41,26 %.
6. Pelaksanaan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA pada waktu normal (410,66 jam) membutuhkan biaya sebesar \$ 5.632,81. Sedangkan, untuk mempercepat penyelesaian proyek menjadi 344 jam (43 hari), membutuhkan biaya yang jauh lebih mahal yaitu sebesar \$ 6.594,9.
7. Penyelesaian proyek dapat dipercepat secara optimal dengan penambahan biaya yang tidak terlalu besar, yaitu menjadi selama 384 jam dengan biaya sebesar \$ 5.650,26. Pada percepatan penyelesaian proyek optimal, perusahaan menghemat biaya yang dianggarkan sebesar \$ 6,56/jam jika dapat menyelesaikan proyek sebelum

- waktu yang dijadwalkan tanpa melakukan penambahan *manpower*.
8. Tiga penyebab terbesar dari keterlambatan penyelesaian proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA yaitu: terjadinya *rework* (pekerjaan perbaikan akibat kesalahan pengerjaan), kekurangan *manpower*, dan frekuensi mesin rusak.
  9. Untuk menyelesaikan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA dengan waktu normal (410,66 jam), jumlah *rework* yang diijinkan terjadi maksimal tiga kejadian, frekuensi mesin rusak maksimal 30 kejadian dan kekurangan *manpower* maksimal tiga kejadian setiap tahun. Jika penyebab keterlambatan terjadi lebih banyak daripada yang diijinkan maka akan meningkatkan probabilitas keterlambatan penyelesaian proyek. proses produksi tanki trafo 60 MVA. (Lihat lampiran 11).
  10. Untuk menyelesaikan proyek dengan waktu penyelesaian dipercepat dengan biaya minimum (384 jam), jumlah *rework* yang diijinkan terjadi maksimal dua kejadian, frekuensi mesin rusak maksimal 30 kejadian dan kekurangan *manpower* maksimal dua kejadian pada setiap tahun. (Lihat lampiran 11).
  11. Dari ketiga penyebab *delay* (keterlambatan) yang lebih berpengaruh adalah jumlah *rework* dan kekurangan *manpower*. Pengendalian terhadap kedua penyebab ini dapat mengoptimisasi proses produksi tanki trafo 60 MVA sehingga dapat meminimasi keterlambatan (*delay*) penyelesaian proyek.
  12. Frekuensi mesin rusak tidak terlalu berpengaruh terhadap penyelesaian proyek. Hal ini dapat terlihat bahwa tanpa menurunkan frekuensi mesin rusak waktu penyelesaian proyek tetap dapat dipercepat.

## Saran

Setelah dilakukan berbagai penelitian dan pengamatan ada beberapa saran yang ingin disampaikan oleh penulis, yaitu:

1. Perusahaan melakukan revisi terhadap penjadwalan proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA, karena waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek tersebut lebih lama daripada waktu yang dijadwalkan sehingga *delay* (keterlambatan) dapat diminimasi.
2. Penentuan *delivery date* yang dijanjikan kepada *customer* sebaiknya disesuaikan dengan waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek dan biaya yang bersedia dikeluarkan oleh *customer*.
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai aktivitas-aktivitas kritis pada proyek proses produksi tanki trafo 60 MVA, sehingga pelaksanaannya sesuai dengan prosedur-prosedur yang telah ditetapkan.
4. Perusahaan melakukan pengendalian dan minimasi terhadap hal-hal yang dapat menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek sehingga waktu yang dijadwalkan perusahaan dapat dimanfaatkan secara optimal.
5. Perusahaan melakukan pengendalian terhadap proyek-proyek lainnya agar dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang ditargetkan, sehingga *delivery date* yang telah dijanjikan sebelumnya kepada *customer* tidak perlu dimundurkan.
6. Perusahaan dapat menggunakan metode PERT untuk memecahkan permasalahan dalam menentukan waktu percepatan penyelesaian proyek dan minimasi biaya proyek.

## Daftar Pustaka

- Ali, Tubagus H., "Prinsip-prinsip Network Planning", Gramedia, Jakarta, 2001.

- Amalia, Lily., "Model Fuzzy If Then Rules Untuk Mengoptimumkan Proses Perebusan Buah Sawit Di Stasiun Sterilizer Pada Pengolahan CPO", Jurnal Inovisi Edisi 3 No 2, Jakarta, 2005.
- Buffa, Elwood S dan Sarin, Rakesh K., "Manajemen Operasi dan Produksi Modern", Bina Rupa Aksara, Jakarta, 1996.
- Hajek, Victor G., "Manajemen Proyek Perekayasaan", Erlangga, Jakarta, 1999.
- Handoko, T Hani., "Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi", BPFE, Yogyakarta, 1999.
- Heizer, Jay dan Render, Barry, "Operations Management", Salemba Empat, Jakarta, 2005.
- Klir, George J dan Yuan, Bo., "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic : Theory and Applications: Prentice – Hall International Inc., USA, 1995.
- Kusumadewi, Sri., "Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2002.
- Kusumadewi, Sri., "Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.
- Meredith, Jack R dan Mantel, Samuel J., "Project Management: A Managerial Approach. JR Wiley, 1995.
- Santosa, Budi., "Manajemen Proyek", Guna Widya, Surabaya, 2003.