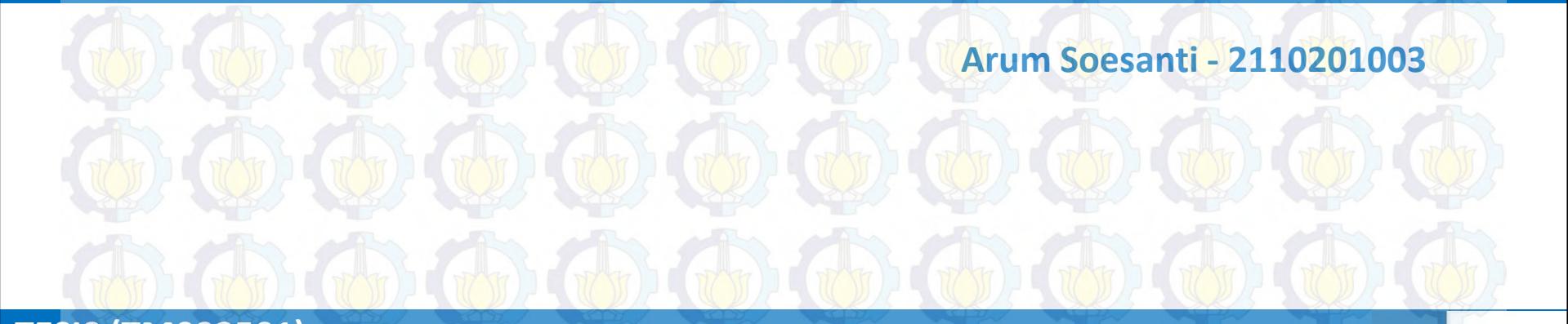


OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN UNTUK KEKASARAN PERMUKAAN, GAYA POTONG DAN UMUR PAHAT PADA PROSES BUBUT MATERIAL SKD 11 DENGAN MENGGUNAKAN METODE GREY-FUZZY

Arum Soesanti - 2110201003



TESIS (TM092501)

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKD 11 (AISI D2)

- Memiliki ketahanan yang tinggi terhadap keausan
- Memiliki kekuatan tekan yang tinggi
- Memiliki sifat yang baik selama proses pengerasan
- Memiliki stabilitas yang tinggi dalam pengerasan

Hardness HRC	Compressive yield strength, ksi	MPa
62	319	2200
60	312	2150
55	276	1900
50	239	1650



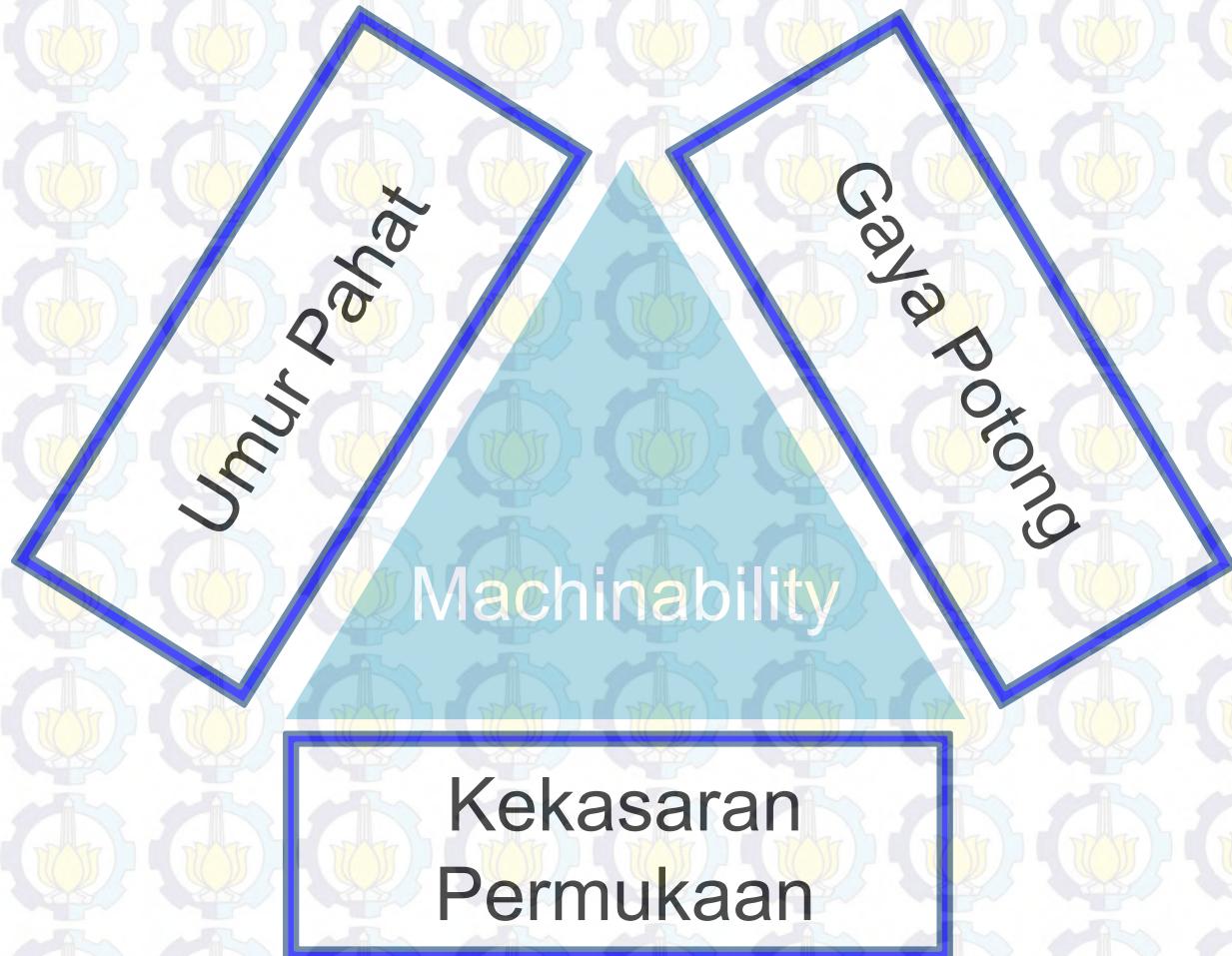
ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Penggunaan SKD 11

Cutting	Material thickness	Material Hardness (HB)	
	<180 HRC	>180 HRC	
<i>Tools for:</i> Blanking, fine-blanking, punching, cropping, shearing, trimming, clipping	<1/8" (3 mm) 1/8–1/4" (3–6 mm)	60–62 58–60	58–60 54–56
Short, cold shears. Shredding knives for waste plastics. Granulator knives			56–60
Circular shears			58–60
Clipping, trimming tools for forgings		Hot Cold	58–60 56–58
Wood milling cutters, reamers, broaches			58–60

Forming	HRC
<i>Tools for:</i> Bending, forming, deep-drawing, rim-rolling, spinning and flow-forming	56–62
Coining dies	56–60
Cold extrusion dies, punches	58–60
Tube- and section forming rolls; plain rolls	56–62
<i>Dies for molding of:</i> Ceramics, bricks, tiles, grinding wheels, tablets, abrasive plastics	58–62
Thread-rolling dies	58–62
Cold-heading tools	56–60
Crushing hammers	56–60
Swaging tools	56–60
Gauges, measuring tools, guide rails, bushes, sleeves, knurling tools, sandblast nozzles	58–62



Optimasi Proses



Tinjauan Pustaka

Parameter - Respon

Pawade (2011)

- Inconel 718
- pahat sisipan CBN
- Metode Taguchi GRA
- Parameter: V, f, a
- Respon: F_c F_f F_r R_a
- Hasil eksperimen menunjukkan bahwa gerak makan memiliki pengaruh terbesar terhadap gaya-gaya potong dan kekasaran permukaan

Gupta (2010)

- Baja AISI P20HSS
- *High speed CNC turning.*
- Metode Taguchi dan logika fuzzy.
- Parameter: V, f, a, R, kondisi pot
- Respon: R_a , F_c , T, P
- Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kedalaman potong dan kondisi pot mempunyai kontribusi yang cukup signifikan dalam mempengaruhi respon.

Material - Machinability

Gaitonde (2009)

- Baja AISI D2 dengan proses bubut
- Modeling machinability dengan Respon Surface Methodology (RSM)
- Wiper ceramic inserts: CC650WG and GC6050WH
- Gaya potong dan Konsumsi Daya meningkat seiring kenaikan kedalaman potong hingga 0,45 mm kemudian mengalami penurunan setelah kedalaman potong di atas 0,45 mm
- Kekasaran permukaan akan minimal pada saat nilai kedalaman potong dan waktu pemesinan yang rendah
- Keausan tepi pahat akan menurun seiring dengan kenaikan kedalaman potong hingga 0,4 mm kemudian mengalami penurunan





ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Tinjauan Pustaka

Material (Machinability)

Davim (2007)

- Baja AISI D2 dengan proses bubut
- Modeling machinability secara statistik
- Keausan tepi pahat dipengaruhi oleh kecepatan potong (57,4%) dan waktu pemotongan (13,4%)
- Kekasaran permukaan dipengaruhi oleh gerak makan dan waktu pemotongan

Lima (2005)

- Baja AISI D2 dengan proses bubut
- Pahat sisipan *mixed alumina*
- Modeling machinability secara statistik
- Kekasaran permukaan mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan gerak makan
- Kekasaran permukaan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan kecepatan potong
- Keausan tepi pahat akan mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan kecepatan potong dan kedalaman potong.



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Tinjauan Pustaka

Metode

Lin (2002) dan Lin (2004)

- SKD 11 dengan proses EDM
 - respon *MRR, EWR, dan surface roughness*
- 2002
- Metode Grey Relational Analysis
 - Metode Fuzzy Logic berbasis Taguchi
- 2004
- Metode Grey-Fuzzy
 - Rancangan percobaan:matriks ortogonal (orthogonal arrays)



Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011

Rumusan Masalah



Apakah faktor-faktor seperti: kedalaman potong, kecepatan potong, gerak makan, dan radius pojok (*nose radius*) memiliki kontribusi dalam mengurangi variasi dari respon kekasaran permukaan, gaya potong dan umur pahat.



Bagaimana *setting* yang tepat dari faktor-faktor tersebut pada proses bubut, sehingga dapat meminimumkan kekasaran permukaan, gaya potong dan memaksimalkan umur pahat.

Batasan Masalah

Penelitian dilakukan sesuai dengan batas kemampuan dari mesin yang digunakan.

Proses bubut silindris orthogonal.

Umur pahat : waktu hingga keausan VB rata-rata (VB)
0,3 mm.

Tidak membahas biaya proses pemesinan.

Tidak menghitung waktu pemesinan.

Tidak menggunakan cairan pendingin (*dry cutting*).

Asumsi Penelitian

Faktor-faktor yang tidak
diteliti dan signifikan pada penelitian

Material bahan kerja maupun
pahatan kimia homogen

Mesin dalam proses
dalam terkait

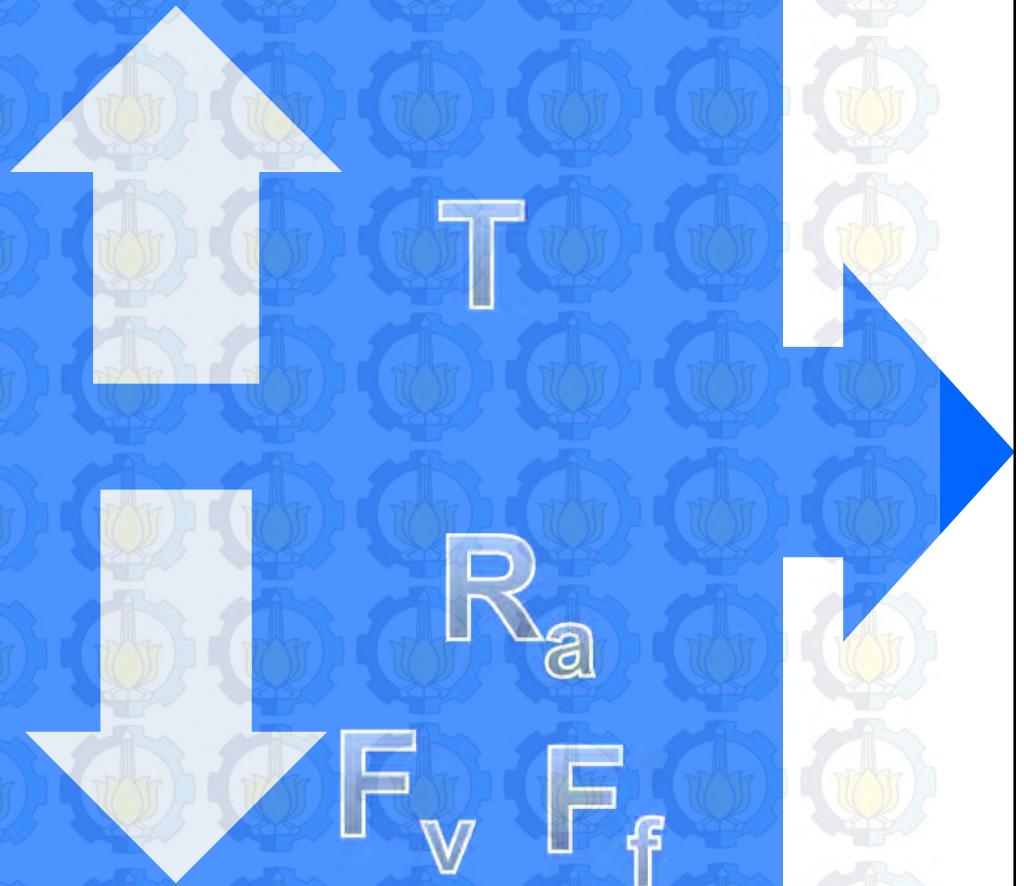
Alat ukur dalam
proses

Tidak terdapat interaksi yang
signifikan antara faktor-faktor
yang diteliti.

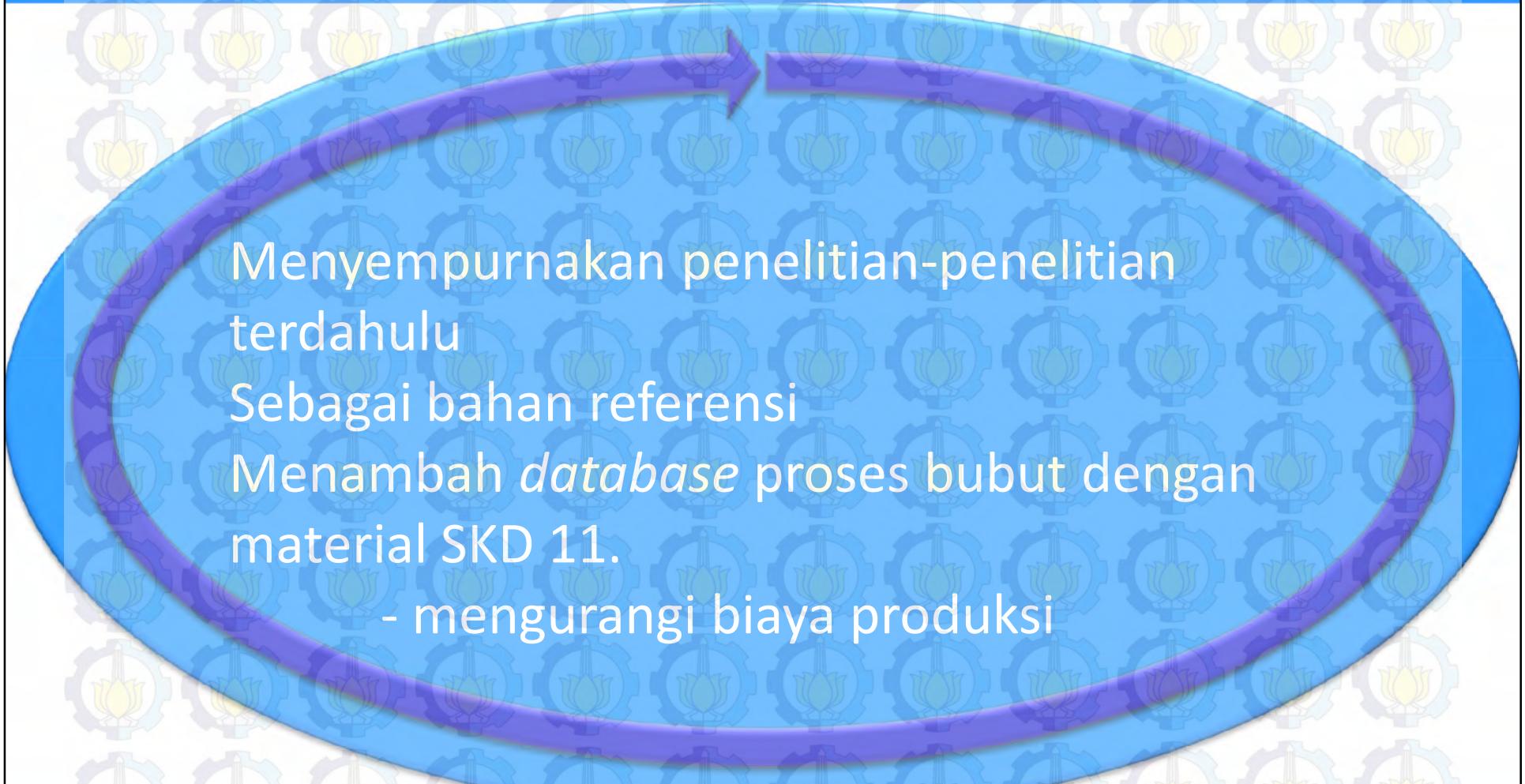
Tujuan Penelitian

Kontribusi faktor-faktor terhadap respon

Menentukan kombinasi faktor yang menghasilkan respon optimum



Manfaat Penelitian



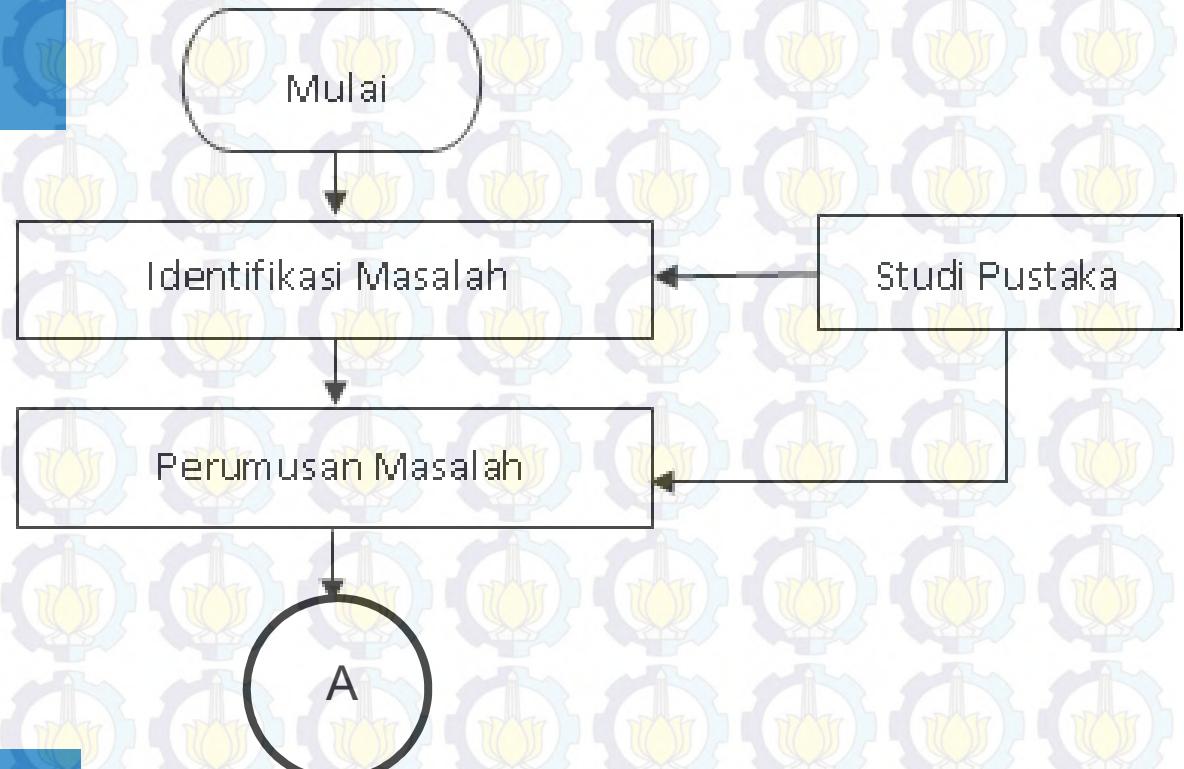
Menyempurnakan penelitian-penelitian terdahulu
Sebagai bahan referensi
Menambah *database* proses bubut dengan material SKD 11.
- mengurangi biaya produksi



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

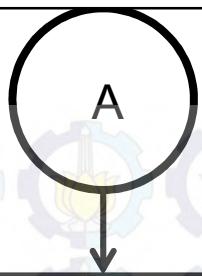
Diagram Alir Penelitian



Arum Soesanti

Program Magister
Sistem Manufaktur -
Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011

Awal



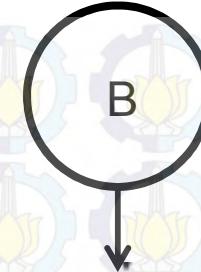
Desain Eksperimen

Variabel Proses:

- Kecepatan potong (V , m/menit),
- Kedalaman potong (a , mm),
- Gerak makan (f , mm/put),
- Radius pojok pahat (R , mm).

Variabel Respon:

- Gaya potong (F_v , kgf),
- Gaya makan (F_f , kgf),
- Kekasaran permukaan (R_a , μm),
- Umur Pahat (T , menit).



Pemilihan Matriks Ortogonal

Jumlah Level

Persiapan Eksperimen

Pelaksanaan Eksperimen

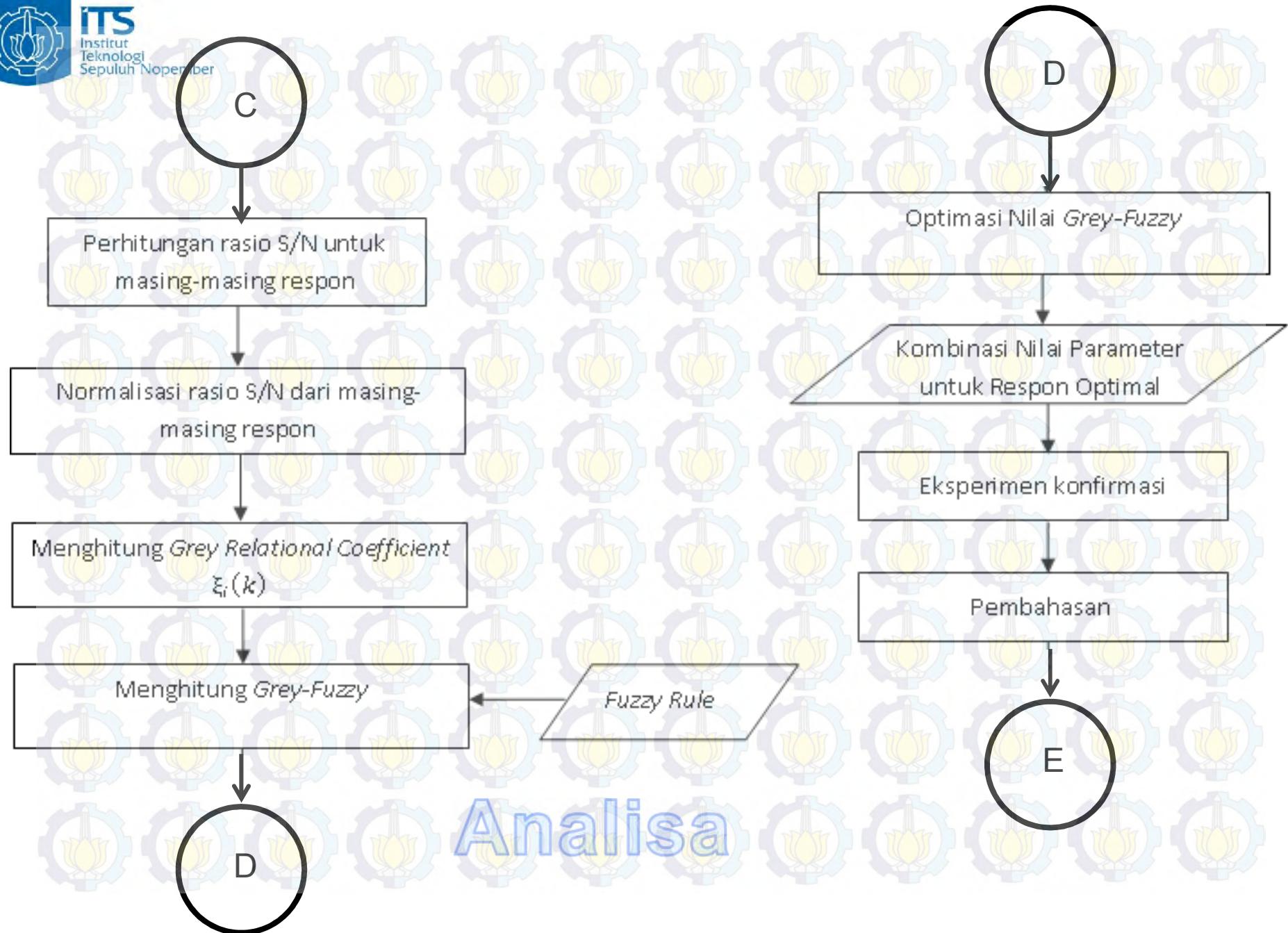
Pengambilan Data Hasil
Eksperimen

Identifikasi Nilai Variabel Proses



C

Eksperimen



Analisa



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Diagram Alir Penelitian

E

Kesimpulan dan Saran

Selesai

Akhir

Arum Soesanti

Program Magister
Sistem Manufaktur -
Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Identifikasi Parameter Proses

PROSES

PAHAT



MATERIAL

MESIN

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

MATERIAL

TURNING

Cutting data parameters	Turning with carbide	Turning with HSS†
Cutting speed (v_c) m/min	100 - 150	150 - 200
Feed (f) mm/r	0.2 - 0.4	0.05 - 0.2
Depth of cut (a_p) mm	2 - 6	≤ 2
Carbide designation ISO	K15 - K20*	-



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PAHAT

KORLOY Cermet Carbide CNMG

R0,4 mm
0,8 mm
1,2 mm.

Depth of cut (mm)	C/B	Cutting edge	Feed (mm/rev)	Grades	Cutting Speed (m/min)	Insert shape					
						80°	55°	90°	60°	35°	80°
0.5 ~ 1.0 ~ 1.5 finishing	VF		0.05 ~ 0.15 ~ 0.35	NC3010 NC3020 NC3120	220 200 190	 p.B17	 p.B20	 p.B34	 p.B26	 p.B30	 p.B32
0.5 ~ 1.0 ~ 2.0 finishing	VB		0.15 ~ 0.2 ~ 0.4	NC3010 NC3020	300 250	 p.B17	 p.B20				
0.8 ~ 1.5 ~ 3.0 medium to finishing	HC		0.08 ~ 0.20 ~ 0.40	NC3010 NC3020 NC3120 NC3030	210 190 180 160	 p.B16	 p.B19	 p.B24	 p.B27		 p.B35



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

MESIN

$n_1 = 2000 \text{ rpm}$

$n_2 = 1250 \text{ rpm}$

$n_3 = 920 \text{ rpm}$



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PARAMETER PROSES

	LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3
V	144	196	314
a	0,50	0,75	1,00
f	0,05	0,1	0,15
R	0,4	0,8	1,2



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Rancangan Percobaan

Matriks Ortogonal $L_9(3^4)$

No	Parameter Pemesinan			
	V	a	f	R
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Material



**RAW
MATERIAL**

SPESIMEN



RANDOM

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011

Proses

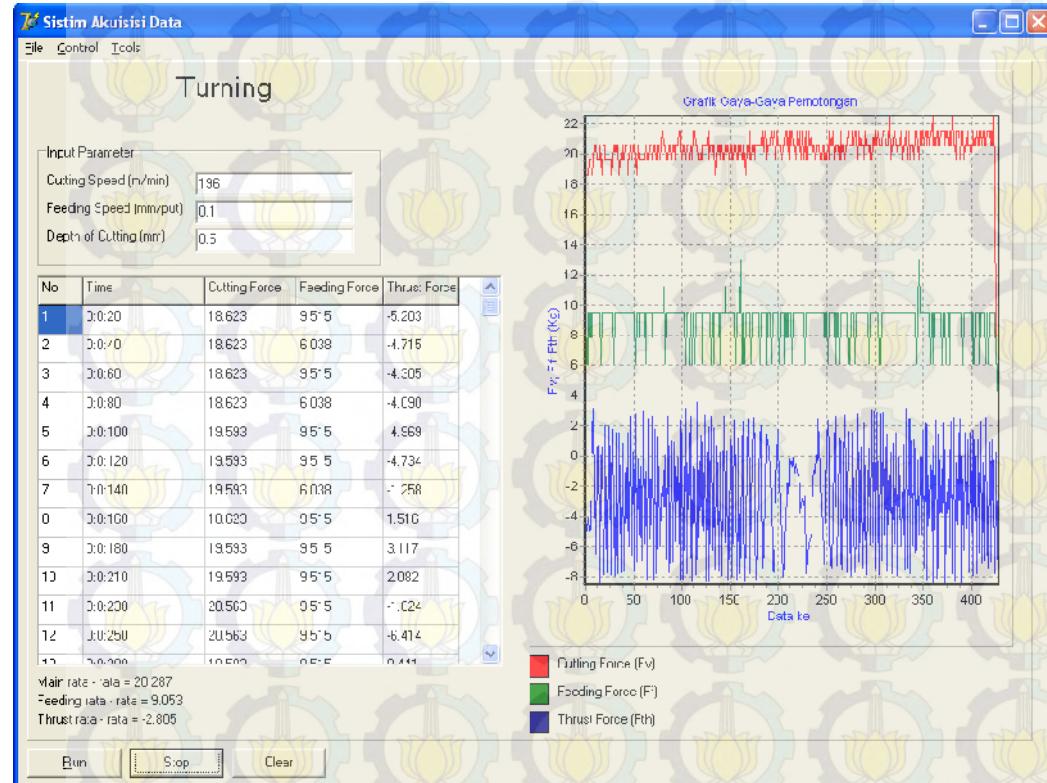
No	V	a	f	R
1	144	0,50	0,05	0,4
2	144	0,75	0,10	0,8
3	144	1,00	0,15	1,2
4	196	0,50	0,10	1,2
5	196	0,75	0,15	0,4
6	196	1,00	0,05	0,8
7	314	0,50	0,15	0,8
8	314	0,75	0,05	1,2
9	314	1,00	0,10	0,4



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Gaya Potong – Gaya Makan



GAYA POTONG

No	Fv1	Fv2	Fv3
1	13,638	14,790	14,937
2	29,394	30,668	31,167
3	46,830	48,814	47,574
4	21,374	21,296	20,492
5	37,375	38,048	38,526
6	26,177	26,968	26,754
7	25,855	25,772	25,596
8	19,450	19,083	19,192
9	39,409	38,668	39,807



GAYA MAKAN

No	Ff1	Ff2	Ff3
1	12,863	13,564	13,321
2	17,298	18,658	17,786
3	22,203	22,176	21,821
4	9,643	9,556	9,111
5	23,589	23,540	23,618
6	22,193	23,399	22,743
7	11,090	11,573	10,444
8	12,821	12,274	11,302
9	30,849	29,974	30,302

kgf

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011

Kekasaran Permukaan

No	Benda Kerja 1				Benda Kerja 2				Benda Kerja 3			
1	2,65	2,65	2,82	2,52	2,42	2,21	2,22	2,18	2,64	2,37	2,4	2,64
2	2,6	2,57	2,34	2,19	2,76	2,31	2,61	2,37	2,36	2,32	2,42	2,38
3	2,23	2,45	2,38	2,26	2,19	2,51	2,01	2,3	2,43	2,48	2,51	2,18
4	2,57	2,49	3,1	3,56	2,39	2,29	2,29	2,22	2,68	2,7	2,68	2,68
5	1,35	1,4	1,39	1,25	1,45	1,44	1,43	1,4	1,34	1,24	1,29	1,28
6	2,25	2,4	2,3	2,23	2,88	2,77	2,69	2,73	2,58	2,64	2,41	2,38
7	0,82	0,87	0,83	0,85	1,26	1,19	1,04	1,07	0,76	0,79	0,78	0,83
8	4,34	4,45	4,35	4,36	4,29	4,22	4,27	4,33	4,24	4,31	4,28	4,39
9	1,03	1,1	1,06	1,14	0,95	1	0,95	0,98	1,01	0,94	0,93	0,96

Panjang pengukuran L=15 mm

Panjang baca 3 x 2,5 mm

µm



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Umur Pahat

Flank Wear

No	T (menit)
1	32,27
2	25,73
3	29,98
4	25,22
5	25,53
6	27,57
7	8,88
8	8,50
9	4,58

Nikon Measurescope

Stopwatch

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011

Perhitungan Rasio S/N

Seting faktor, kombinasi ke-	Kekasaran Permukaan (μm)	Gaya Potong (kgf)	Gaya Makan (kgf)	Umur Pahat (menit)
1	2,660	13,638	12,863	
	2,258	14,790	13,564	32,27
	2,513	14,937	13,321	
2	2,425	29,394	17,298	
	2,513	30,668	18,658	25,73
	2,370	31,167	17,786	
3	2,330	46,830	22,203	
	2,253	48,814	22,176	29,98
	2,400	47,574	21,821	
4	2,930	21,374	9,643	
	2,298	21,296	9,556	25,22
	2,685	20,492	9,111	
5	1,348	37,375	23,589	
	1,430	38,048	23,540	25,53
	1,288	38,526	23,618	
6	2,295	26,177	22,193	
	2,768	26,968	23,399	27,57
	2,503	26,754	22,743	
7	0,843	25,855	11,090	
	1,140	25,772	11,573	8,88
	0,790	25,596	10,444	
8	4,375	19,450	12,821	
	4,278	19,083	12,274	8,50
	4,305	19,192	11,302	
9	1,083	39,409	30,849	4,58

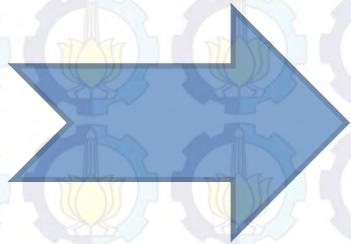
No	S/N R _a	S/N F _v	S/N F _f	S/N T
1	-7,897	-23,207	-22,446	65,738
2	-7,735	-29,663	-25,068	63,773
3	-7,341	-33,579	-26,875	65,101
4	-8,466	-26,468	-19,499	63,597
5	-2,647	-31,593	-27,452	63,705
6	-8,059	-28,509	-27,152	64,371
7	0,566	-28,213	-20,864	54,535
8	-12,708	-25,685	-21,691	54,151
9	-0,049	-31,887	-29,651	48,787

$$SN = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_{ijk}^2}{n} \right] \quad \text{smaller}$$

$$SN = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_{ijk}^2}{n} \right] \quad \text{larger}$$

Normalisasi

No	S/N R _a	S/N F _v	S/N F _f	S/N T
1	-7,897	-23,207	-22,446	65,738
2	-7,735	-29,663	-25,068	63,773
3	-7,341	-33,579	-26,875	65,101
4	-8,466	-26,468	-19,499	63,597
5	-2,647	-31,593	-27,452	63,705
6	-8,059	-28,509	-27,152	64,371
7	0,566	-28,213	-20,864	54,535
8	-12,708	-25,685	-21,691	54,151
9	-0,049	-31,887	-29,651	48,787



$$X_i^* = \frac{\max_{\forall k} X_i(k) - X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}$$

Pada proses ini, nilai rasio S/N dinormalkan dalam nilai yang besarnya antara 0 dan 1

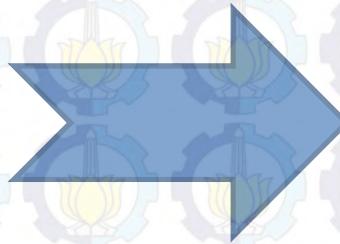
X*

R _a	F _v	F _f	T
0,362	1,000	0,710	1,000
0,375	0,378	0,451	0,884
0,404	0,000	0,273	0,962
0,320	0,686	1,000	0,874
0,758	0,192	0,217	0,880
0,350	0,489	0,246	0,919
1,000	0,517	0,866	0,339
0,000	0,761	0,784	0,316
0,954	0,163	0,000	0,000

Deviation Sequence

 X^*

R _a	F _v	F _f	T
0,362	1,000	0,710	1,000
0,375	0,378	0,451	0,884
0,404	0,000	0,273	0,962
0,320	0,686	1,000	0,874
0,758	0,192	0,217	0,880
0,350	0,489	0,246	0,919
1,000	0,517	0,866	0,339
0,000	0,761	0,784	0,316
0,954	0,163	0,000	0,000

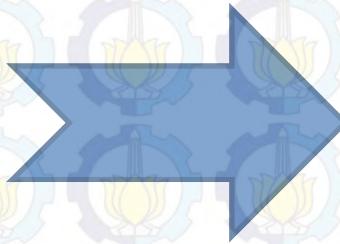

 $\Delta_{0,i}$

R _a	F _v	F _f	T
0,638	0,000	0,290	0,000
0,625	0,622	0,549	0,116
0,596	1,000	0,727	0,038
0,680	0,314	0,000	0,126
0,242	0,808	0,783	0,120
0,650	0,511	0,754	0,081
0,000	0,483	0,134	0,661
1,000	0,239	0,216	0,684
0,046	0,837	1,000	1,000

$$\Delta_{0,i}(k) = |X_i(k) - X_i^*(k)|$$

$\Delta_{0,i}$
 ξ_i

R _a	F _v	F _f	T
0,638	0,000	0,290	0,000
0,625	0,622	0,549	0,116
0,596	1,000	0,727	0,038
0,680	0,314	0,000	0,126
0,242	0,808	0,783	0,120
0,650	0,511	0,754	0,081
0,000	0,483	0,134	0,661
1,000	0,239	0,216	0,684
0,046	0,837	1,000	1,000



R _a	F _v	F _f	T
0,440	1,000	0,633	1,000
0,444	0,445	0,477	0,812
0,456	0,333	0,408	0,930
0,424	0,614	1,000	0,798
0,674	0,382	0,390	0,807
0,435	0,494	0,399	0,861
1,000	0,509	0,788	0,431
0,333	0,677	0,698	0,422
0,915	0,374	0,333	0,333

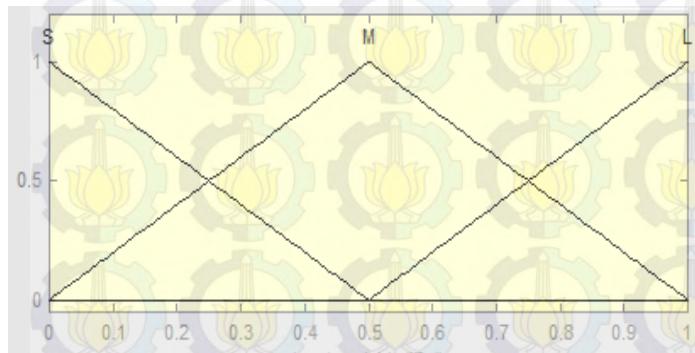
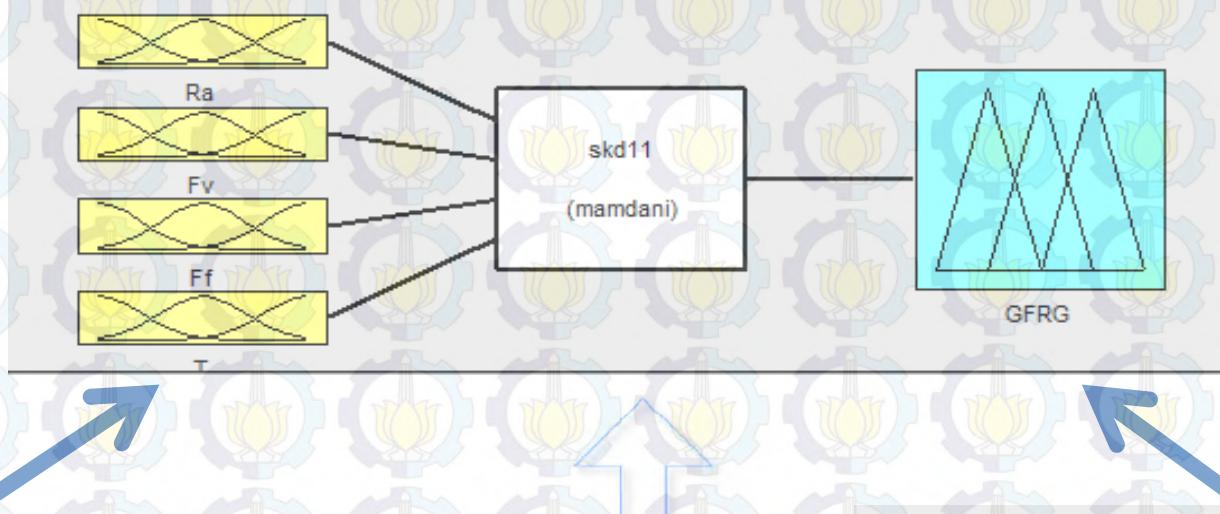
$$\xi_i(k) = \frac{\Delta_{min} + \zeta \Delta_{max}}{\Delta_{0,i}(k) + \zeta \Delta_{max}}$$



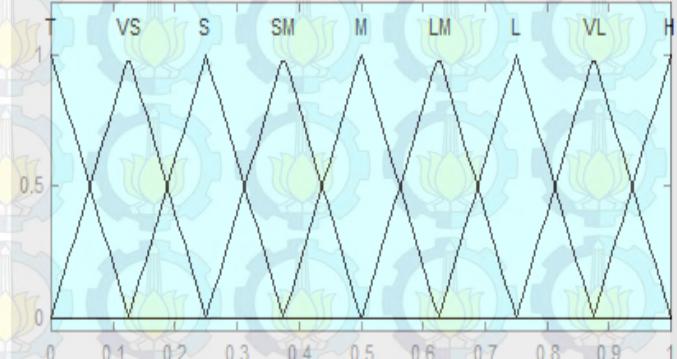
ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Fuzzy



**Fuzzy
Rule**



GRC

GFRG

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

<i>Grey Relational Coefficient</i>				
No	Kekasaran Permukaan	Gaya Potong	Gaya Makan	Umur Pahat
1	0,44	1	0,633	1
2	0,444	0,445	0,477	0,812
3	0,456	0,333	0,408	0,93
4	0,424	0,614	1	0,798
5	0,674	0,382	0,39	0,807
6	0,435	0,494	0,399	0,861
7	1	0,509	0,788	0,431
8	0,333	0,677	0,698	0,422
9	0,915	0,374	0,333	0,333



No	GFRG
1	0,6072
2	0,4852
3	0,4597
4	0,4746
5	0,6136
6	0,4748
7	0,875
8	0,4023
9	0,7705



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

No	V	a	f	R
1	144	0,5	0,05	0,4
2	144	0,75	0,1	0,8
3	144	1	0,15	1,2
4	196	0,5	0,1	1,2
5	196	0,75	0,15	0,4
6	196	1	0,05	0,8
7	314	0,5	0,15	0,8
8	314	0,75	0,05	1,2
9	314	1	0,1	0,4

	level 1	level 2	level 3
V	0,5174	0,5210	0,6826
a	0,6523	0,5004	0,5683
f	0,4948	0,5768	0,6494
R	0,6638	0,6117	0,4455
Rata-rata		0,573667	



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

KOMBINASI FAKTOR UNTUK RESPON OPTIMUM

Faktor	Tingkatan Level	Nilai Level
Kecepatan Potong	Level 3	314 m/min
Kedalaman Potong	Level 1	0,5 mm
Gerak Makan	Level 3	0,15 mm/put
Radius Pojok	Level 1	0,4 mm

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

	Kekasaran Permukaan (μm)	Gaya Potong (kgf)	Gaya Makan (kgf)	Umur Pahat (menit)
Kombinasi Awal	1,348	37,375	23,589	
	1,43	38,048	23,54	
	1,288	38,526	23,618	
Kombinasi Optimum	1,283	13,638	12,863	
	1,168	14,790	13,564	
	1,063	14,937	13,321	

	Rasio S/N			
	R_a	F_v	F_f	T
Kondisi Awal	-2,647	-31,593	-27,452	63,705
Kondisi Optimasi	-0,239	-22,437	-23,154	59,017



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

	<i>Grey Relational Coefficient</i>				<i>GFRG</i>
	R_a	F_v	F_f	T	
Kombinasi Awal	0,674	0,382	0,390	0,807	0,6136
Kombinasi Optimum	0,892	1,000	0,581	0,558	0,8241
Peningkatan					21,05 %

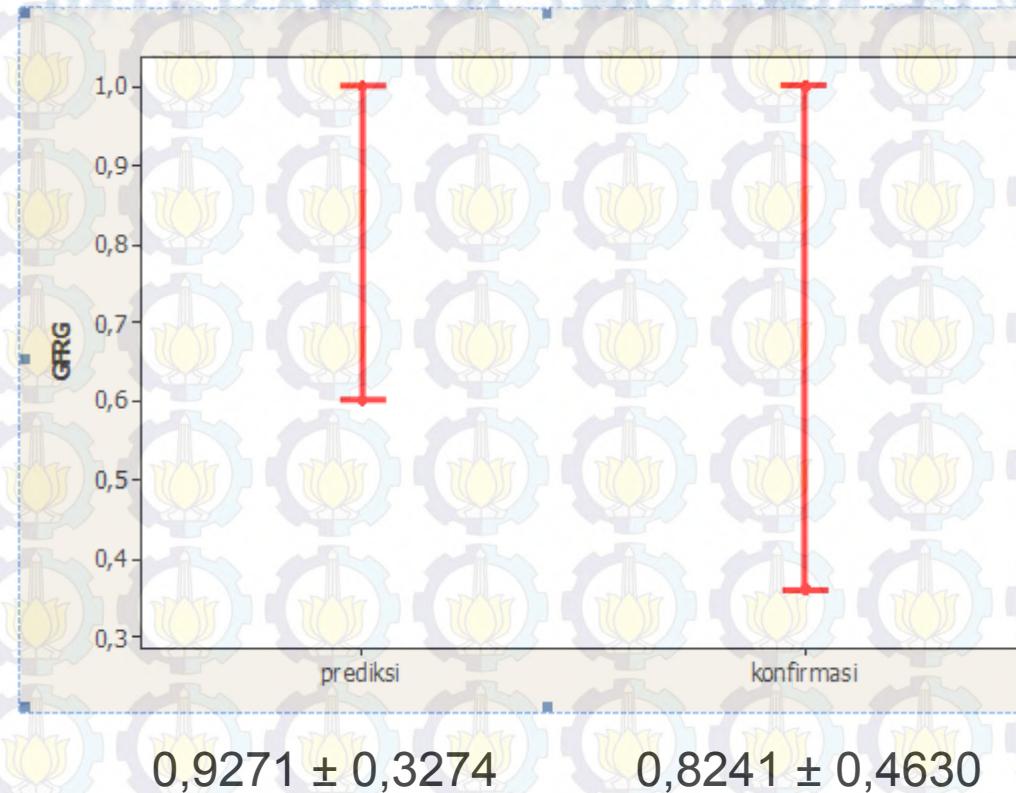
	Kombinasi Awal	Kombinasi Optimum		Optimasi
Kekasaran permukaan(R_a , μm)	1,355	1,028	24,13 %	Turun
Gaya potong (F_v , kg)	37,983	13,237	65,150 %	Turun
Gaya makan (F_f , kg)	23,582	14,894	36,92 %	Turun
Umur Pahat (T, menit)	25,5	14,8	(41,9 %)	Turun



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

INTERVAL KEYAKINAN 95%



tidak ada perbedaan antara nilai GFRG prediksi dan nilai GFRG konfirmasi

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011

Kesimpulan

Kontribusi faktor

- Kecepatan potong sebesar 26,24 %
- Kedalaman potong sebesar 16,83 %
- Gerak makan sebesar 17,82 %
- Radius pojok sebesar 38,61 %

Kombinasi faktor

- Kecepatan potong pada 314 m/min
- Kedalaman potong pada 0,5 mm
- Gerak makan pada 0,15 mm/put
- Radius pojok pada 0,4 mm



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Saran

Hindari kesulitan penentuan kontribusi error krn
beda SS faktor sangat kecil



Jangan DOF matriks ortogonal = ΣDOF faktor

Gunakan DOF matriks ortogonal > ΣDOF faktor

Penelitian Selanjutnya :

- Lakukan perbandingan dengan optimasi metode Grey-Fuzzy (tanpa S/N ratio)
- Lakukan optimasi dengan metode yang lain



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TERIMAKASIH

Arum Soesanti

Program Magister Sistem Manufaktur - Jurusan Teknik Mesin – FTI 2011