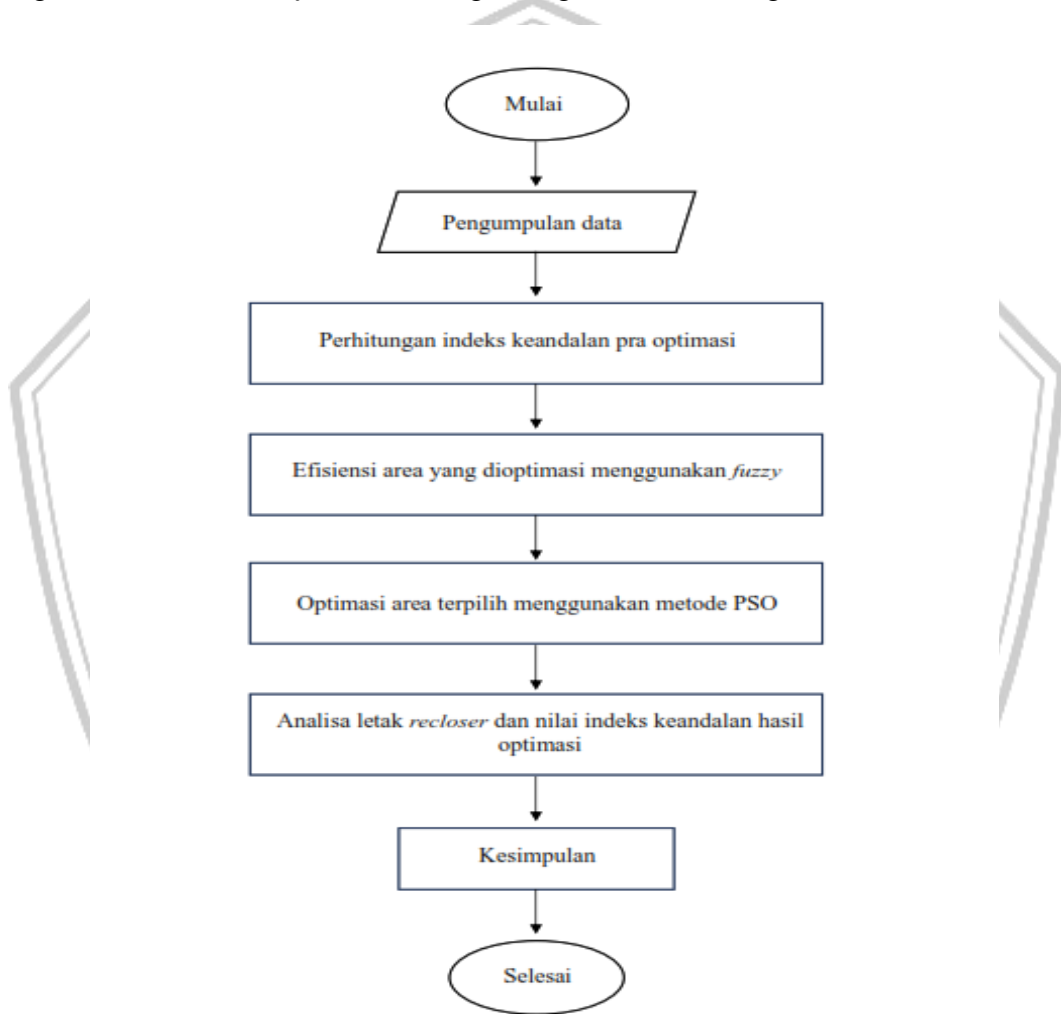


BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Sistem ini dibuat berdasarkan penelitian terdahulu yang diangkat menjadi suatu pembaruan sistem yang di plot mampu untuk memberikan solusi lebih baik dari penelitian terdahulu. Oleh karena itu, dibentuklah suatu sistem yang digambarkan kedalam *flowchart* diagram gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart* Desain Sistem

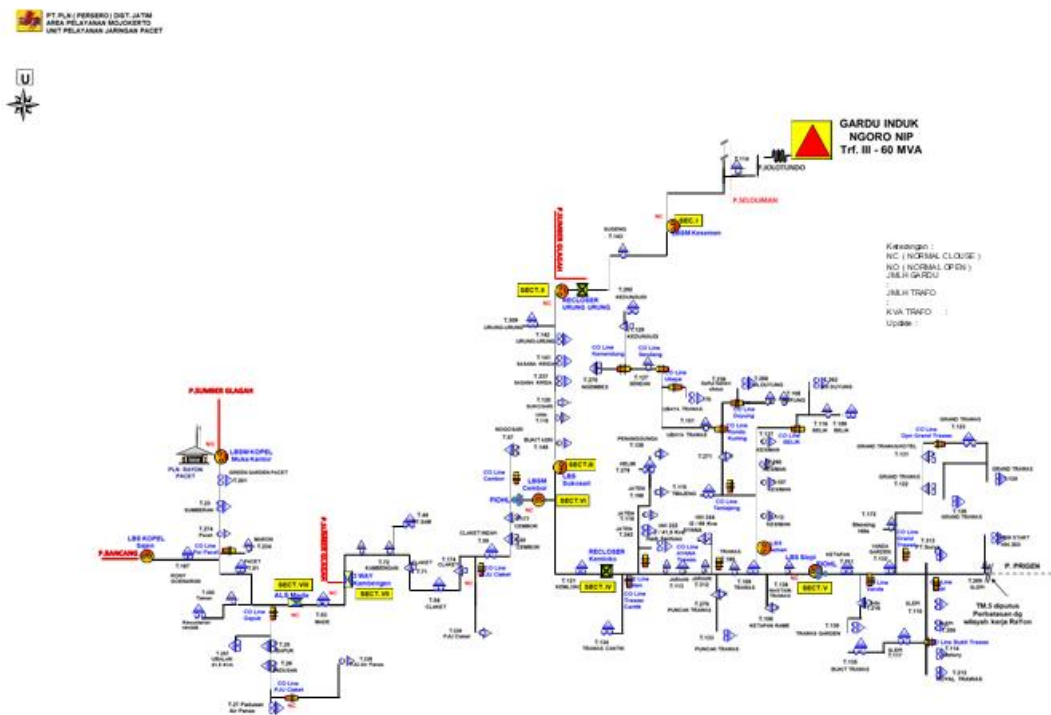
Pada *flowchart* desain sistem merupakan gambaran sistem secara garis besar. Tahapan-tahapan penting yang perlu digaris bawahi dari sistem yang telah dirancang adalah bagaimana nilai dari perhitungan indeks keandalan seperti SAIDI atau SAIFI baik pada saat sebelum dioptimasi berdasarkan metode *Failure Mode*

Effect Analysis (FMEA), dan sesudah optimasi penempatan *recloser* menggunakan metode *fuzzy*-PSO, yang nantinya nilai dari perhitungan tersebut yang menjadi faktor penentu bagaimana sistem ini berjalan. Untuk itu agar hasil perhitungan dan optimasi maksimal, pada penelitian kali dibutuhkan bantuan dari *software* Matlab dan Excel.

3.1 Pengumpulan Data

Data yang menjadi dasar penelitian ini diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dilakukan di PT. PLN (Persero) UP3 Mojokerto Rayon Pacet Penyulang Jolotundo data yang digunakan adalah *single line diagram*, data pelanggan, data panjang saluran, waktu kerja, pemulihan layanan oleh PLN, dan data indeks kegagalan komponen sistem distribusi.

3.1.1 Data Single Line



Gambar 3.2 *Single line* Penyulang Jolotundo

Data Total Gangguan

M U

10

NO	OCADCA	OCADCA	OCADCA	OCADCA	OCADCA	BAYAN	DI	PENTULANG	PMI/RECLOSER	TGL TRP	JAM	WAKTU	TGL NORMAL	NORMAL	DEMAN									
															LAMA PASANG	MELU	R	S	T	N	ENS	TEMPORER	PERMANEN	DELAY
5	03	03 Januari 2020	03	01	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	03 Jan 2020	04.13	SHUBUH (03-06)	03 Jan 2020	04.14	0.01	139	145	144	164	41.0	68	TEMPORER	DGR	
42	08	08 Januari 2020	08	01	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	08 Jan 2020	05.47	SHUBUH (03-06)	08 Jan 2020	05.48	0.01	130	166	131	132	44.0	64	TEMPORER	DGR	
75	18	18 Januari 2020	18	01	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	18 Jan 2020	13.22	SIANG (09-15)	18 Jan 2020	13.33	0.11	118	135	123	121	16.0	637	TEMPORER	DGR	
123	01	01 Februari 2020	01	02	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	01 Feb 2020	12.38	PAGI (06-09)	01 Feb 2020	12.39	0.01	111	116	136	113	40.0	54	TEMPORER	DGR	
138	05	05 Februari 2020	05	02	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	05 Feb 2020	06.28	SIANG (09-15)	05 Feb 2020	06.29	0.01	111	555	621	132	15.0	54	TEMPORER	DGR DCR	
167	14	14 Februari 2020	14	02	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	14 Feb 2020	15.35	SORE (15-18)	14 Feb 2020	17.04	1.29	115	1064	138	954	16.0	5.023	PERMANEN	DGR ODR	
190	20	20 Februari 2020	20	02	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	20 Feb 2020	14.03	SIANG (09-15)	20 Feb 2020	17.52	3.49	134	181	177	172	6.0	15.059	PERMANEN	DGR	
211	26	26 Februari 2020	26	02	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	26 Feb 2020	16.05	SORE (15-18)	26 Feb 2020	16.40	0.35	124	219	195	187	40.0	2.130	PERMANEN	DGR	
217	27	27 Februari 2020	27	02	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	27 Feb 2020	18.27	MALAM (18-21)	27 Feb 2020	18.28	0.01	169	196	176	165	25.0	83	TEMPORER	DGR	
266	11	11 Maret 2020	11	03	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	11 Mar 2020	06.18	PAGI (06-09)	11 Mar 2020	06.19	0.01	120	124	126	147	39.0	59	TEMPORER	DGR	
290	17	17 Maret 2020	17	03	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	17 Mar 2020	06.00	SHUBUH (03-06)	17 Mar 2020	06.01	0.01	120	149	124	121	42.0	59	TEMPORER	DGR	
316	23	23 Maret 2020	23	03	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	23 Mar 2020	04.49	SHUBUH (03-06)	23 Mar 2020	04.50	0.01	143	146	148	166	41.0	70	TEMPORER	DGR	
395	07	07 April 2020	07	04	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	07 Apr 2020	02.31	DINI HARI (00-03)	07 Apr 2020	02.32	0.01	115	117	116	125	11.0	56	TEMPORER	DGR	
413	09	09 April 2020	09	04	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	09 Apr 2020	14.32	SIANG (09-15)	09 Apr 2020	16.14	1.42	106	832	130	745	21.0	5.306	PERMANEN	DGR ODR	
470	26	26 Mei 2020	26	05	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	26 Mei 2020	09.43	SIANG (09-15)	26 Mei 2020	10.48	1.05	49	62	1260	1430	363	1.563	PERMANEN	OCDR	
488	17	17 April 2020	17	04	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	17 Apr 2020	09.39	SIANG (09-15)	17 Apr 2020	09.41	0.02	137	137	118	116	42.0	134	TEMPORER	DGR	
497	24	24 April 2020	24	04	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	24 Apr 2020	09.58	SIANG (09-15)	24 Apr 2020	09.59	0.01	96	99	101	114	20.0	47	TEMPORER	DGR	
526	20	20 April 2020	20	04	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	20 Apr 2020	01.47	DINI HARI (00-03)	20 Apr 2020	01.48	0.01	115	120	138	115	38.0	56	TEMPORER	DGR	
610	12	12 Mei 2020	12	05	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	12 Mei 2020	06.01	PAGI (06-09)	12 Mei 2020	06.02	0.01	45	73	49	49	37.0	22	TEMPORER	DGR	
645	01	01 Juli 2020	01	07	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	01 Jul 2020	14.32	SIANG (09-15)	01 Jul 2020	14.33	0.01	84	71	92	69	29.0	41	TEMPORER	DGR	
653	05	05 Juli 2020	05	07	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	05 Jul 2020	02.45	DINI HARI (00-03)	05 Jul 2020	02.46	0.01	75	103	76	76	44.0	37	TEMPORER	DGR	
655	05	05 Juli 2020	05	07	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	05 Jul 2020	09.10	SIANG (09-15)	05 Jul 2020	11.13	2.03	75	1130	1317	1249	0.4	4.527	PERMANEN	OCDR	
686	14	14 Juli 2020	14	07	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	14 Jul 2020	23.19	TENGAH MALAM (21-00)	14 Jul 2020	23.21	0.02	75	79	80	89	12.0	74	TEMPORER	DGR	
695	19	19 Juli 2020	19	07	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	19 Jul 2020	05.39	SHUBUH (03-06)	19 Jul 2020	05.40	0.01	82	88	491	89	447.0	40	TEMPORER	DGR ODR	
715	25	25 Juli 2020	25	07	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	25 Jul 2020	13.51	SIANG (09-15)	25 Jul 2020	15.07	1.16	62	87	70	40	18.0	2.312	PERMANEN	DGR	
735	31	31 Juli 2020	31	07	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	31 Jul 2020	02.54	DINI HARI (00-03)	31 Jul 2020	02.56	0.02	72	73	73	101	45.0	71	TEMPORER	DGR	
815	18	18 Agustus 2020	18	08	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	18 Agu 2020	00.20	DINI HARI (00-03)	18 Agu 2020	00.22	0.02	82	77	77	87	11.0	80	TEMPORER	DGR	
843	24	24 Agustus 2020	24	08	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	24 Agu 2020	20.27	MALAM (18-21)	24 Agu 2020	20.29	0.02	104	133	106	104	42.0	102	TEMPORER	DGR	
860	28	28 Agustus 2020	28	08	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	28 Agu 2020	14.37	SIANG (09-15)	28 Agu 2020	15.19	0.42	72	1209	1291	909		1.484	PERMANEN	OCDR	
876	02	02 September 2020	02	09	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	02 Sep 2020	06.36	PAGI (06-09)	02 Sep 2020	06.38	0.02	64	72	105	76	148.0	63	TEMPORER	DGR	
887	05	05 September 2020	05	09	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	05 Sep 2020	17.34	SORE (15-18)	05 Sep 2020	17.36	0.02	118	127	149	119	43.0	116	TEMPORER	DGR	
904	11	11 September 2020	11	09	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	11 Sep 2020	13.46	SIANG (09-15)	11 Sep 2020	13.47	0.01	68	98	75	73	48.0	33	TEMPORER	DGR	
1020	09	09 Oktober 2020	09	10	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	09 Okt 2020	05.19	SHUBUH (03-06)	09 Okt 2020	05.20	0.01	111	141	113	112	43.0	54	TEMPORER	DGR	
1103	27	27 Oktober 2020	27	10	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	27 Okt 2020	10.37	SIANG (09-15)	27 Okt 2020	11.30	0.53	96	941	1016	118	22.0	2.497	PERMANEN	DGR ODR	
1122	30	30 Oktober 2020	30	10	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	30 Okt 2020	13.35	SIANG (09-15)	30 Okt 2020	13.36	0.01	105	124	104	107	43.0	52	TEMPORER	DGR	
1137	02	02 November 2020	02	11	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	02 Nov 2020	19.27	MALAM (18-21)	02 Nov 2020	19.29	0.02	143	168	144	143	44.0	140	TEMPORER	DGR	
1144	05	05 November 2020	05	11	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	05 Nov 2020	12.41	SIANG (09-15)	05 Nov 2020	12.41	0.00	96	106	107	101	0.0	0	TEMPORER	DGR	
1155	09	09 November 2020	09	11	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	09 Nov 2020	05.05	SHUBUH (03-06)	09 Nov 2020	05.07	0.02	113	113	117	141	43	111	TEMPORER	DGR	
1222	29	29 November 2020	29	11	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	29 Nov 2020	04.50	SHUBUH (03-06)	29 Nov 2020	04.52	0.02	120	122	151	120	42.0	118	TEMPORER	DGR	
1251	04	04 Desember 2020	04	12	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	04 Des 2020	06.29	PAGI (06-09)	04 Des 2020	06.31	0.02	91	92	95	115	43.0	89	TEMPORER	DGR	
1289	10	10 Desember 2020	10	12	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	10 Des 2020	18.17	MALAM (18-21)	10 Des 2020	18.19	0.02	147	173	151	147	43.0	144	TEMPORER	DGR	
1323	18	18 Desember 2020	18	12	2020	PACET	NGORO	IJOLOUTUNDO	RECLOSER	18 Des 2020	05.49	SHUBUH (03-06)	18 Des 2020	05.51	0.02	96	102	136	99	43.0	94	TEMPORER	DGR	

angkat dan juga aspek dari luar (cuaca) yaitu hujan, angin, serta

3.1.3 Data Gardu Trafo Penyulang Jolotundo

Tabel 3.2 Data Gardu Trafo Penyulang Jolotundo

NO	KODE GAR	KD_GI	AP_TOTA	Lokasi	NO	KODE GAR	KD_GI	AP_TOTA	Lokasi
1	HH001	NGORO	250	DS PACET	45	HH141	NGORO	50	SASANA KRIDA DS SUKO SARI
2	HH003	NGORO	160	DS MADE	46	HH142	NGORO	100	DN JATIJEJER DS URUNG-URUNG
3	HH004	NGORO	160	DS CLAKET	47	HH143	NGORO	50	DS SUGENG
4	HH023	NGORO	160	DS SUMBERAN	48	HH149	NGORO	25	BUKIT ASRI DS SUKOSARI
5	HH025	NGORO	200	DS GAPUK	49	HH151	NGORO	50	UBAYA
6	HH026	NGORO	160	DS PADUSAN	50	HH170	NGORO	100	UBAYA
7	HH027	NGORO	50	DS PADUSAN	51	HH172	NGORO	50	BLESSING HILL
8	HH044	NGORO	160	PT BEGAWAN MURNI	52	HH174	NGORO	100	DS CLAKET
9	HH050	NGORO	50	DS CEMBOR	53	HH177	NGORO	100	DS CEMBOR (SISIPAN)
10	HH057	NGORO	100	DS NOGOSARI	54	HH180	NGORO	100	DS TRAWAS
11	HH059	NGORO	25	DS CLAKET INDAH	55	HH187	NGORO	100	RONY GUNAWAN-DS PACET
12	HH071	NGORO	25	DS CLAKET	56	HH198	NGORO	100	DS JATEN TRAWAS (MUDAL)
13	HH072	NGORO	100	DS KAMBENGAN	57	HH199	NGORO	100	DS BELIK TRAWAS (MUDAL)
14	HH106	NGORO	200	DS KETAPANRAME	58	HH200	NGORO	100	DN SLEPI TRAWAS (MUDAL)
15	HH107	NGORO	150	DS KESIMAN	59	HH201	NGORO	25	PERUM GREEN GARDEN PACET
16	HH108	NGORO	50	DS JARAAN	60	HH212	NGORO	250	ROYAL TRAWAS HOTEL
17	HH109	NGORO	160	DS TRAWAS	61	HH216	NGORO	100	HOTEL VANDA GARDENIA
18	HH110	NGORO	150	DS SLEPI	62	HH222	NGORO	100	HADI SANTOSO
19	HH111	NGORO	160	DS KETAPANRAME	63	HH234	NGORO	100	DN MARON PACET
20	HH112	NGORO	100	DS TRAWAS	64	HH236	NGORO	100	SYAFUL BAHRI
21	HH113	NGORO	100	DS JARAAN	65	HH237	NGORO	200	SASANA KRIDA - DN JATIJEJER
22	HH114	NGORO	200	DS SLEPI	66	HH238	NGORO	25	MUSTOFA KEMAL PASA PADUSA
23	HH115	NGORO	160	DS TAMIAJENG	67	HH239	NGORO	25	MUSTOFA KEMAL PASA CLAKET
24	HH116	NGORO	160	DS BELIK	68	HH242	NGORO	100	DN JATI SELOTAPAK
25	HH117	NGORO	100	DS SLEPI	69	HH244	NGORO	100	HOTEL PUNCAK AYANA
26	HH118	NGORO	100	YPPI - DN JATIJEJER	70	HH250	NGORO	100	DS PACET
27	HH119	NGORO	50	DS JATEN	71	HH257	NGORO	100	PEMANDIAN UMBULAN PACET
28	HH120	NGORO	100	DS SUKOSARI	72	HH262	NGORO	100	DN BANTAL DUYUNG
29	HH121	NGORO	100	DS KEMLOKO	73	HH268	NGORO	100	DS DUYUNG
30	HH122	NGORO	160	GRAN TRAWAS	74	HH269	NGORO	100	DS SLEPI (SSPT110)
31	HH123	NGORO	25	GRAN TRAWAS	75	HH270	NGORO	100	DN NGEMBES PENANGGUNGAN
32	HH124	NGORO	50	GRAN TRAWAS	76	HH271	NGORO	100	DS RONDO KUNING (SSP T151)
33	HH126	NGORO	25	GRAN TRAWAS	77	HH274	NGORO	100	TERMINAL PACET (SSP T0230)
34	HH127	NGORO	160	DS SENDANG	78	HH278	NGORO	100	HELMI - DS JATEN SELOTAPAK
35	HH128	NGORO	100	DS PENANGGUNG	79	HH279	NGORO	100	DS TRAWAS PUNCAK
36	HH129	NGORO	100	DS KENDUNGUDI	80	HH290	NGORO	100	DN SUMBER SARI
37	HH130	NGORO	100	TRAWAS GARDEN	81	HH295	NGORO	160	H DARMAJI - DS KEDUNGUDI
38	HH131	NGORO	200	GRAN TRAWAS/DS BE	82	HH300	NGORO	100	DN KAMBENGAN (SSP T072)
39	HH132	NGORO	200	ANDA GARDEN/DS KE	83	HH303	NGORO	100	HOTEL NEW START, DN SLEPI
40	HH133	NGORO	160	PUNCAK TRAWAS	84	HH308	NGORO	160	SUSTERAN - GK PACET
41	HH134	NGORO	50	TRAWAS CANTIK	85	HH309	NGORO	100	SUGIK HARYANTO
42	HH135	NGORO	100	BUKIT TRAWAS GARD	86	HH312	NGORO	100	DS TRAWAS (SSP T180)
43	HH137	NGORO	100	DS KESIMAN TRAWAS	87	HH313	NGORO	100	PT SURYA KUSUMA WARDANI
44	HH138	NGORO	25	NASTA INN TRAWAS					

Berdasarkan data pada tabel 3.2, terdapat variasi kode gardu untuk setiap penyulang dalam gardu distribusi. Pada penyulang Jolotundo, kode gardu penyaluran diawali dengan HH, sesuai dengan lokasi masing-masing gardu yang ada di penyulang Jolotundo. Kapasitas energi transformator bervariasi, mulai dari 25 KVA hingga 250 KVA.

3.1.4 Data Pelanggan dan Panjang Jaringan Penyulang Jolotundo

Tabel 3.3 Data Pelanggan dan Panjang Jaringan Penyulang Jolotundo

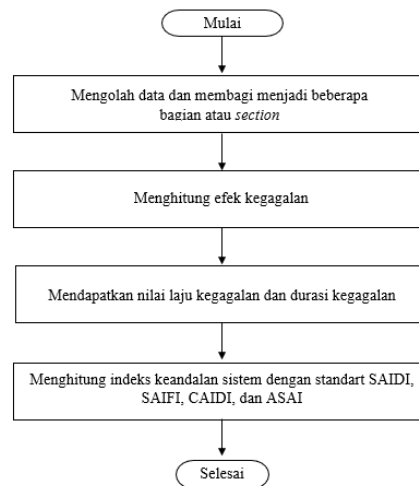
DATA PENYULANG & GARDU PER GI																	
GI	TRF_GI	PYLG	JBG	KTS	MJA	MJK	MJS	NGK	NGR	PCT	PLS	WRJ	PJ_SUTM (MS)	TRF_UNIT	TRF_KVA	JML PELANGGAN	PJ_SUTR (MS)
JAKER	1	DAYU	-	29.738	-	-	-	-	-	-	-	-	29.738	31	7.650	10.620	55.879
		JAYAI	-	1.450	-	-	-	-	-	-	-	-	1.450	1	3.465	1	69
		JAYA2	-	510	-	-	-	-	-	-	-	-	510	1	4.330	1	6
		KLIAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.120	49.120	64	7.950	19.437	110.349
		LBKUN	-	9.150	-	-	-	-	-	-	-	33.274	42.424	69	10.270	19.649	112.658
		RAJEK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.105	61.105	49	5.480	18.689	110.036
JTGED	1	KBOAN	-	-	-	23.023	-	-	-	-	16.752	-	39.775	71	14.800	17.392	85.289
		KRGMI	-	-	-	-	-	-	-	-	78.470	-	78.470	76	12.315	17.264	101.326
		PDRTO	-	-	-	17.716	-	-	-	-	-	17.716	4	6.300	354	3.517	
		TAPEN	-	-	-	-	-	-	-	-	53.991	-	53.991	68	7.765	17.171	104.460
JMBNG	1	CWENG	32.230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.230	75	32.400	18.206	72.026
		DNYAR	47.866	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.866	69	8.855	19.388	85.334
		SMBNG	29.571	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.571	80	13.175	13.817	61.009
		JTPLM	5.535	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.535	19	6.370	1.943	9.106
		SNGON	18.195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.195	78	12.270	11.400	42.143
NGORO	1	KOBIN	-	-	-	-	4.486	-	-	-	-	-	4.486	16	21.350	19	44
		NIP	-	-	-	-	3.468	-	-	-	-	-	3.468	43	16.470	65	3.774
		PAPER	-	-	-	-	7.991	-	-	-	-	-	7.991	17	16.250	513	1.820
		PGING	-	-	-	-	21.400	-	-	-	-	-	21.400	67	20.010	9.271	43.151
		WATON	-	-	-	-	5.629	-	-	-	-	-	5.629	14	9.340	1.631	5.963
		WOODW	-	-	-	-	28.387	-	-	-	-	-	28.387	74	24.555	9.853	53.549
		WTKSK	-	-	-	-	20.858	-	-	-	-	-	20.858	52	19.670	6.942	32.696
	2	DNMKA	-	-	-	-	30.526	-	-	-	-	-	30.526	86	13.065	18.069	74.166
		HOPAX	-	-	-	-	2.272	-	-	-	-	-	2.272	9	11.410	8	42
		KYODO	-	-	-	-	5.734	-	-	-	-	-	5.734	17	13.880	1.942	7.437
		ROMAN	-	-	-	-	2.116	-	-	-	-	-	2.116	2	7.000	2	26
		SLMAN	-	-	-	-	24.361	-	-	-	-	-	24.361	61	16.700	9.349	50.328
		WTSN1	-	-	-	-	5.011	-	-	-	-	-	5.011	1	200	1	-
		WTSN2	-	-	-	-	4.976	-	-	-	-	-	4.976	-	-	-	-
	3	BRKAT	-	-	-	-	4.079	-	-	-	-	-	4.079	20	12.275	26	978
		BSRI2	-	-	-	-	3.612	-	-	-	-	-	3.612	10	7.530	1.928	5.934
		CHARM	-	-	-	-	2.165	-	-	-	-	-	2.165	1	2.500	1	-
		JLTUN	-	-	-	-	-	-	-	60.825	-	-	60.825	87	9.365	14.855	101.946
		PKASA	-	-	-	-	10.183	-	-	-	-	-	10.183	26	29.815	26	667
		RKASO	-	-	-	-	28.157	-	-	-	-	-	28.157	31	20.565	6.485	31.571
		SAI	-	-	-	-	4.258	-	-	-	-	-	4.258	7	12.520	7	-

Berdasarkan tabel 3.3 total pelanggan yang ada pada penyulang Jolotundo menunjukkan bahwa penyulang Jolotundo masuk wilayah GI Ngoro dan masuk wilayah Rayon Pacet. Dari data yang dimuat terdapat 14.855 total pelanggan dengan jumlah *line* sebanyak 122 *line* dan penyulang Jolotundo memiliki panjang saluran TM yaitu 60,825 kMS.

3.2 Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Perhitungan keandalan sistem pada kondisi awal dapat dilakukan ketika data-data sudah terkumpul. Metode FMEA digunakan sebagai dasar dalam menghitung efek kegagalan. Perhitungan tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan

nilai dari laju kegagalan keseluruhan sistem komponen dan waktu pemutusan keseluruhan sistem yang nantinya akan digunakan untuk menentukan indeks keandalan sebelum dilakukannya optimasi *recloser*. Berikut adalah tahapan proses dari metode FMEA dalam melakukan perhitungan guna menilai indeks keandalan penyulang Jolotundo sebelum dilakukan optimalisasi.



Gambar 3.3 *Flowchart* Metode FMEA

Berdasarkan pada Gambar 3.3 dapat di jelaskan sebagai berikut :

1. Mengolah data yang telah di dapat dan membagi beberapa section atau bagian menggunakan batas pada *Single Line Diagram* berdasarkan *Limit Break Swtich* (LBS).
2. Menggunakan Indeks Data dari SPLN No. 59 tahun 1985

Tabel 3.4 Data Peralatan SPLN

Peralatan	Laju Kegagalan	Repair Time	Swtiching Time
Recloser	0,005	10	0,15
Circuit Breaker	0,004	10	0,15
Sectionalizer	0,003	10	0,15
LBS	0,004	10	0,15
Trafo	0,005	10	0,15
Pemutus	0,005	0,25	0,15
SUTM	0,2	3	0,15

3. Menghitung laju kegagalan dan durasi kegagalan

- Laju kegagalan bisa dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :
Menghitung Indeks Kegagalan Kabel = $0,2 \times \text{Panjang kabel SUTM } (\lambda_{kp})$
Total Laju Kegagalan Tiap Section = $0,005 + 0,004 + 0,003 + 0,004 + 0,005 + 0,005 + \lambda_{kp}$
Keterangan : λ_{kp} (Laju kegagalan kabel)
 λ (Total laju kegagalan)

1. Durasi gangguan dihitung sebagai hasil dari perkalian antara nilai laju kegagalan dengan waktu perbaikan, dengan rumus sebagai berikut :
Menghitung Indeks Kegagalan Kabel = $0,2 \times \text{Panjang kabel SUTM } (\lambda_{kp})$
Tiap Indeks Kegagalan dikalikan dengan *repair time* setiap peralatan
Total Laju Kegagalan Tiap Section = $0,05 + 0,04 + 0,03 + 0,04 + 0,05 + 0,00125 + (0,2 \times \lambda_{kp}) = U$
Keterangan : λ_{kp} (Laju kegagalan kabel)
 U (Total durasi kegagalan)

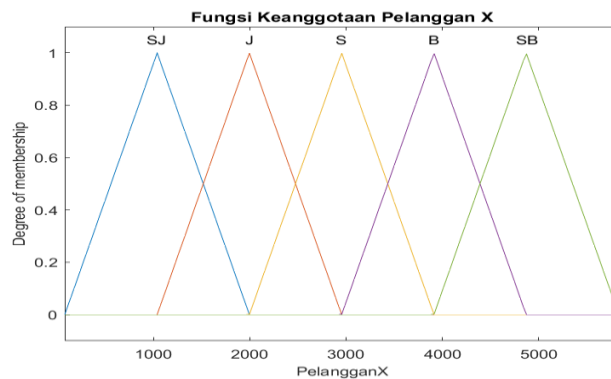
4. Penentuan nilai indeks keandalan SAIDI, dan SAIFI pra optimasi, beserta nilai indeks lainnya seperti CAIDI dan ASAI. Setelah semua data dihitung pada awal sistem, langkah selanjutnya adalah melakukan peningkatan penempatan *recloser* untuk optimalisasi.

3.3 Efisiensi Area Optimasi Dengan Fuzzy Logic

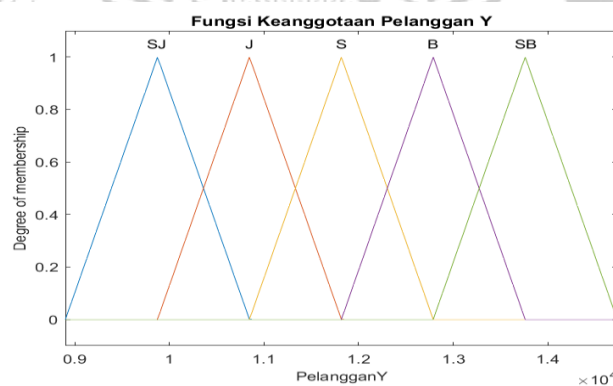
Fuzzy logic pada penelitian bertujuan untuk memperkecil area yang akan dioptimasi. Pada tahapan ini dilakukan seleksi berdasarkan nilai kandidat (output) yang dihasilkan *fuzzy*. *Section* yang dipilih merupakan *section* dengan nilai kandidat tertinggi dibanding *section* lainnya. Berikut tahapan optimasi menggunakan *fuzzy logic* :

1. Fuzzyfikasi, Proses Fuzzyfikasi menggunakan dua masukan yaitu pelanggan x (masukan 1) diasumsikan sebagai jumlah pelanggan yang tidak mengalami pemadaman pada saat pemasangan *recloser* dan pelanggan y (masukan 2) diasumsikan sebagai jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman saat pemasangan *recloser*.

2. Fungsi keanggotaan (membership function) berperan dalam mengidentifikasi batasan (range) variabel serta menetapkan nilai parameter input dan output pada setiap variabel. Kurva yang digunakan dalam fungsi keanggotaan mencakup kurva naik linier, kurva turun linier, dan kurva segitiga. Informasi mengenai nilai batasan dan parameter untuk setiap variabel dapat ditemukan dalam gambar yang disediakan berikut.



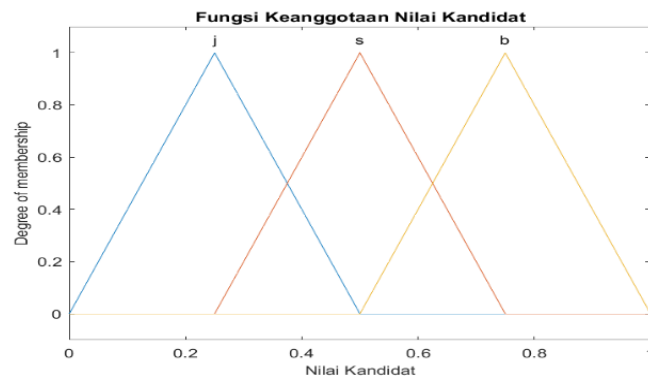
Gambar 3.4 Nilai Keanggotaan Variabel x



Gambar 3.5 Nilai Keanggotaan Variabel y

Pada gambar 3.4 dan gambar 3.5 merupakan bentuk himpunan domain fuzzy. Pada tahap ini pemberian nilai input domain fuzzy berguna pada penentuan hasil keluaran dari fuzzy. Berikut domain variabel x dan y himpunan fuzzy :

SJ (Sangat Jarang)	=	[80 1996]	Variabel x	[8900 10846]
J (Jarang)	=	[1039 2954]		[9874 11818]
S (Sedang)	=	[1996 3912]	Himpunan	[10846 12789]
B (Banyak)	=	[2954 4869]		[11818 13761]
SB (Sangat Banyak)	=	[3912 5832]	Variabel y	[12789 14734]



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Variabel Nilai Kandidat

Pada gambar 3.6 menunjukkan rentang nilai yang menjadi batasan dari output. Nilai kandidat pada penelitian yaitu untuk nilai j (jelek) berada pada rentang berkisar antara 0 sampai 0.5, untuk nilai s (sedang) pada rentang nilai 0.25-0.75 dan nilai b (baik) pada rentang nilai sekitar 0.5-1.

3. Pada metode Mamdani, setelah variabel masukan dan keluaran diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menentukan penerapan fungsi implikasi. Bentuk umum yang sering digunakan adalah If...Then. Di bawah ini adalah respon dari pelanggan x dan pelanggan y pada tabel yang diberikan.

Tabel 3.5 Rule Mesin Inferensi

Pelanggan x / pelanggan y	SB	B	S	J	SJ
SB	J	J	J	j	j
B	J	S	S	s	j
S	J	S	B	s	j
J	J	S	S	s	j
SJ	J	J	J	j	j

Keterangan :

SB : Sangat Banyak

B : Banyak

S : Sedang

J : Jarang

SJ : Sangat Jarang

b : Bagus

s : Sedang

j : kurang

4. Agregasi Fuzzy, pada prosesnya melibatkan penggabungan aturan *fuzzy* guna mendapatkan wilayah dari komposisi aturan-aturan yang diterapkan. Umumnya, pada metode fuzzy Mamdani, nilai maksimum sering digunakan atau dilakukan penggabungan dari semua aturan yang diterapkan.
5. Tahap akhir dalam logika fuzzy adalah proses defuzzifikasi, dimana metode titik tengah (metode centroid) diterapkan dengan menggunakan persamaan. Dalam proses ini, peneliti memasukkan data jumlah pelanggan x dan pelanggan y ke dalam kolom input, sehingga nilai kandidat (output) akan muncul secara otomatis di atas kurva nilai kandidat.

Contoh perhitungan :

Ketika pelanggan yang tidak mengalami pemadaman (pelanggan x) setelah pemasangan *recloser* diberikan berjumlah 2386 dan pelanggan yang mengalami pemadaman (pelanggan y) berjumlah 12347.

▪ Fuzzyfikasi

Pelanggan x dengan nilai yang diberikan yaitu 2386 berdasarkan data yang diperoleh. Maka pelanggan x berada diantara domain himpunan JARANG dan SEDANG.

Fungsi keanggotaan pelanggan x pada saat kondisi JARANG diketahui :

$$\mu[x] = 2386 \quad a = 1039 \quad b = 1996 \quad c = 2954$$

$$\mu[x]_{JARANG} = \begin{cases} 0 ; x < 1039 \text{ atau } x > 2954 \\ \frac{x - 1039}{1996 - 1039} ; 1039 \leq x \leq 1996 \\ \frac{2954 - x}{2954 - 1996} ; 1996 \leq x \leq 2954 \end{cases}$$

$$\mu[2386]_{JARANG} = \frac{2954 - 2386}{2954 - 1996} = \frac{568}{958} = 0.5929$$

Fungsi keanggotaan pelanggan x pada saat kondisi SEDANG diketahui :

$$\mu[x] = 2386 \quad a = 1996 \quad b = 2954 \quad c = 3912$$

$$\mu[x]_{SEDANG} = \begin{cases} 0 ; x < 1996 \text{ atau } x > 3912 \\ \frac{x - 1996}{2954 - 1996} ; 1996 \leq x \leq 2954 \\ \frac{3912 - x}{3912 - 2954} ; 2954 \leq x \leq 3912 \end{cases}$$

$$\mu[2386]_{SEDANG} = \frac{2386 - 1996}{2954 - 1996} = \frac{390}{958} = 0.4070$$

Maka diperoleh :

$$\begin{aligned}\mu[2386] \text{ SANGAT JARANG} &= 0 & \mu[2386] \text{ BANYAK} &= 0 \\ \mu[2386] \text{ JARANG} &= 0.5929 & \mu[2386] \text{ SANGAT BANYAK} &= 0 \\ \mu[2386] \text{ SEDANG} &= 0.4070\end{aligned}$$

Pelanggan y dengan nilai yang diberikan yaitu 12347 berdasarkan data yang diperoleh. Maka pelanggan y berada diantara domain himpunan SEDANG dan BANYAK.

Fungsi keanggotaan pelanggan y pada saat kondisi SEDANG diketahui :

$$\begin{aligned}\mu[y] &= 12347 \quad a = 10846 \quad b = 11818 \quad c = 12789 \\ \mu[y] \text{ SEDANG} &= \begin{cases} 0; x < 10846 \text{ atau } x > 12789 \\ \frac{x - 10846}{11818 - 10846}; 10846 \leq x \leq 11818 \\ \frac{12789 - x}{12789 - 11818}; 11818 \leq x \leq 12789 \end{cases}\end{aligned}$$

$$\mu[12347] \text{ SEDANG} = \frac{12789 - 12347}{12789 - 11818} = \frac{442}{971} = 0.4552$$

Fungsi keanggotaan pelanggan y pada saat kondisi BANYAK diketahui:

$$\begin{aligned}\mu[y] &= 12347 \quad a = 11818 \quad b = 12789 \quad c = 13761 \\ \mu[y] \text{ BANYAK} &= \begin{cases} 0; x < 11818 \text{ atau } x > 13761 \\ \frac{x - 11818}{12789 - 11818}; 11818 \leq x \leq 12789 \\ \frac{13761 - x}{13761 - 12789}; 12789 \leq x \leq 13761 \end{cases} \\ \mu[12347] \text{ BANYAK} &= \frac{12347 - 11818}{12789 - 11818} = \frac{529}{971} = 0.5447\end{aligned}$$

Maka diperoleh :

$$\begin{aligned}\mu[12347] \text{ SANGAT JARANG} &= 0 & \mu[12347] \text{ BANYAK} &= 0.5447 \\ \mu[12347] \text{ JARANG} &= 0 & \mu[12347] \text{ SANGAT BANYAK} &= 0 \\ \mu[12347] \text{ SEDANG} &= 0.4552\end{aligned}$$

- Aplikasi fungsi implikasi atau inferensi

Pada tahap ini Fungsi implikasi yang digunakan dalam proses ini adalah fungsi MIN, yaitu pengambilan derajat nilai minimum dari variable input pelanggan x dan y. Pada tahapan ini menggunakan 4 aturan didefinisikan sebagai berikut :

[R] IF Pelanggan x JARANG And Pelanggan y SEDANG THEN Nilai
Kandidat SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_1 &= \min(\mu_x JARANG, \mu_y SEDANG) \\ &= \min(0.5929, 0.4552) \\ &= 0.4552\end{aligned}$$

[R] IF Pelanggan x JARANG And Pelanggan y BANYAK THEN Nilai
Kandidat SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_2 &= \min(\mu_x JARANG, \mu_y BESAR) \\ &= \min(0.5929, 0.5447) \\ &= 0.5447\end{aligned}$$

[R] IF Pelanggan x SEDANG And Pelanggan y SEDANG THEN Nilai
Kandidat BAGUS

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_3 &= \min(\mu_x SEDANG, \mu_y SEDANG) \\ &= \min(0.4070, 0.4552) \\ &= 0.4070\end{aligned}$$

[R] IF Pelanggan x SEDANG And Pelanggan y BANYAK THEN Nilai
Kandidat SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_4 &= \min(\mu_x SEDANG, \mu_y BANYAK) \\ &= \min(0.4070, 0.5447) \\ &= 0.4070\end{aligned}$$

▪ Komposisi Aturan

Pada tahap ini solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, sehingga didapat daerah solusi fuzzy sebagai berikut.

NK (Nilai kandidat) pada domain himpunan SEDANG, yaitu :

$$\begin{aligned}\mu_{NK} SEDANG &= \max(0.4552, 0.5447, 0.407) \\ &= 0.5447\end{aligned}$$

$$\mu_{NK} SEDANG = \begin{cases} 0 ; z < 0.25 \text{ atau } z > 0.75 \\ \frac{z - 0.25}{0.5 - 0.25} ; 0.25 \leq z \leq 0.5 \\ \frac{0.75 - z}{0.75 - 0.5} ; 0.5 \leq z \leq 0.75 \end{cases}$$

$$z = -(\mu_{NK} SEDANG(0.75 - 0.5) - 0.75)$$

$$z = -(0.5447(0.75 - 0.5) - 0.75) = 0.6138$$

NK (Nilai kandidat) pada domain himpunan BAGUS, yaitu :

$$\mu_{NK} BAGUS = 0.407$$

$$\mu_{NK} BAGUS \begin{cases} 0 ; z < 0.5 \text{ atau } z > 1 \\ \frac{z - 0.5}{0.75 - 0.5} ; 0.5 \leq z \leq 0.75 \\ \frac{1 - z}{1 - 0.75} ; 0.75 \leq z \leq 1 \end{cases}$$

$$z = \mu_{NK} BAGUS(0.75 - 0.5) + 0.5$$

$$z = 0.407(0.75 - 0.5) + 0.5 = 0.5997$$

Sehingga didapatkan fungsi keanggotaan hasil komposisi ini yaitu :

$$\mu(z) \begin{cases} 0.407 ; z < 0.5997 \\ \frac{z - 0.5}{0.75 - 0.5} ; 0.5997 \leq x \leq 0.6138 \\ 0.5447 ; x > 0.6138 \end{cases}$$

▪ Defuzzifikasi

Langkah terakhir adalah defuzzifikasi atau disebut juga tahap penegasan. Defuzzifikasi yang digunakan dalam menentukan jumlah produksi pada kasus ini adalah dengan Metode Centroid. Berikut adalah perhitungan defuzzifikasi dengan Metode Centroid.

$$\begin{aligned} z^* &= \frac{\int \mu(z)z \, dz}{\int \mu(z) \, dz} \\ &= \frac{\int_0^{0.5997} 0.407z \, dz + \int_{0.5997}^{0.6138} \frac{z - 0.5}{0.75 - 0.5} z \, dz + \int_{0.6138}^1 0.5447z \, dz}{\int_0^{0.5997} 0.407 \, dz + \int_{0.5997}^{0.6138} \frac{z - 0.5}{0.75 - 0.5} \, dz + \int_{0.6138}^1 0.5447 \, dz} \\ &= \frac{0.0731 + 0.00365 + 0.169742}{0.2440 + 0.00602 + 0.2115} \\ &= \frac{0.2464}{0.46152} \\ &= 0.5338 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan manual fuzzy, pada saat jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman (x) diberikan sebanyak 2386 dan pelanggan yang mengalami pemadaman (pelanggan y) berjumlah 12347. Maka nilai kandidat untuk pemasangan recloser sebesar 0.5338.

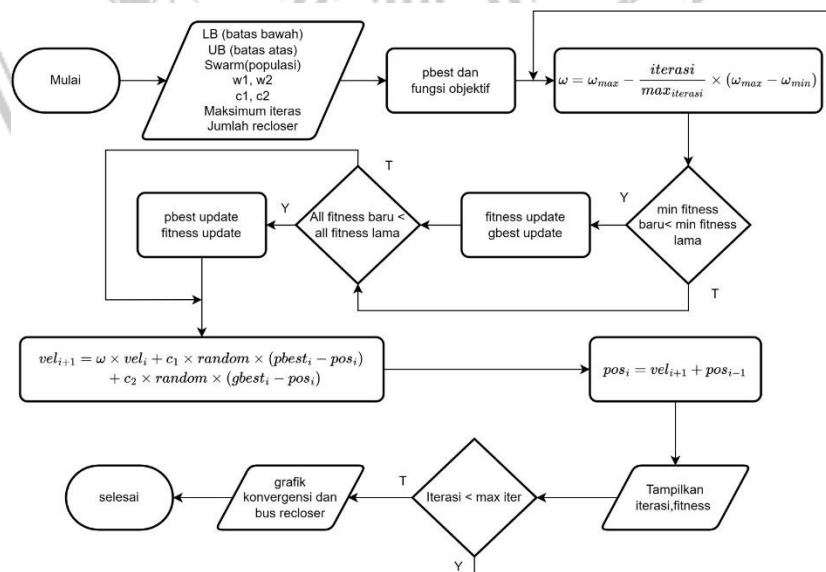
3.4 Optimasi Area Terpilih Dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Penggunaan metode PSO bertujuan untuk mengidentifikasi posisi *recloser* yang optimal dan mencari solusi untuk meminimalkan indeks keandalan seperti SAIFI dan SAIDI, sehingga mendekati atau memenuhi standar layanan *World Class Service* (WCS). Input yang digunakan pada PSO berupa bus pada tiap *load point* dari grup atau *section* yang diseleksi nilai kandidatnya dari proses sebelumnya menggunakan *fuzzy logic*. Parameter algoritma PSO yang digunakan terdapat pada tabel berikut.

Tabel 3.6 Parameter Algoritma PSO

No	Parameter	Nilai
1	Maximum iterasi	50
2	Jumlah partikel pada populasi (swarm)	20
3	Bobot inersia	0,9
4	C ₁ dan C ₂	1,2
5	Batas atas interval (Ra)	44
6	Batas bawah interval (Rb)	87

Parameter algoritma PSO pada tabel 3.6 merupakan batasan input yang digunakan pada tahapan optimasi penempatan *recloser* menggunakan PSO. Secara garis besar optimasi PSO pada penelitian dideskripsikan melalui *flowchart* diagram sistem berikut.



Gambar 3.7 Flowchart Sistem PSO

Berikut merupakan tahapan dari metode PSO dalam proses mendapatkan nilai output yang optimal yaitu :

1. Langkah awal dalam pengoptimalan penempatan *recloser* dengan PSO adalah memulai dengan inisialisasi populasi (swarm). Data populasi yang diinputkan mencakup informasi mengenai bus untuk setiap titik beban pada penyulang Jolotundo. Tujuan utamanya adalah menghasilkan secara acak nilai awal untuk posisi dan kecepatan individu (partikel) dalam populasi. Proses inisialisasi melibatkan pembangkitan 20 nilai acak untuk setiap individu pada tiap titik beban. Sementara itu, untuk kelompok, dipilih secara acak satu kelompok atau sektor yang akan dijadikan sebagai lokasi *recloser*.
2. Langkah berikutnya adalah mendekode individu (partikel) dengan tujuan mengubah nilai yang mencakup rentang posisi individu bus. Rentang nilai yang dimaksud mencakup nilai batas awal interval (Ra) dan batas akhir interval (Rb), dengan nilai berkisar antara 44 hingga 86
3. Pada tahapan evaluasi individu, nilai hasil dekode digunakan untuk menghitung nilai indeks keandalan. Disamping itu, data pelanggan Penyulang Jolotundo akan berfungsi sebagai parameter untuk menentukan nilai indeks keandalan. Dalam menghasilkan nilai indeks keandalan, digunakan rumus 2.6 dan 2.7 setelah selesai mendapatkan nilai tersebut. maka dilanjutkan dengan mencari nilai *fitness* dengan persamaan :

$$f(x) = \frac{1}{((SAIFI + SAIDI) \text{ BillKecil})}$$

Bilangan kecil dimasukkan kedalam persamaan *fitness* untuk menghindari nilai kebugaran yang menghasilkan pembagian dengan nol. Hal ini diperlukan karena dalam penelitian, tujuannya adalah meminimalkan indeks keandalan.

4. Langkah berikutnya adalah memperbarui kecepatan dan posisi baru dengan menggunakan rumus 2.8 dan 2.9. Ketika proses optimasi berjalan, nilai-nilai seperti SAIFI, SAIDI, *fitness* terbaik, nilai minimum, dan lokasi *recloser* akan ditampilkan secara grafis pada tampilan program PSO. Output akhir dari proses optimalisasi penempatan *recloser* menggunakan metode PSO adalah identifikasi lokasi yang optimal untuk *recloser* didalam *section* atau sektor dari penyulang Jolotundo.