

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Lapisan <i>Convolutional Neural Network</i> (Alwanda, Ramadhan and Alamsyah, 2020)	12
Gambar 2.2 Ilustrasi Arsitektur Attentional Convolutional Network (Kumar and Raman, 2020).....	13
Gambar 2.3 <i>Hand Landmark</i>	14
Gambar 3.1 Objek Penelitian	16
Gambar 3.2 Mockup Tampilan Sistem Pengenalan Angka Berbasis Virtual Sketsa Dengan Isyarat Tangan.....	17
Gambar 3.3 Flowchart Sistem Pengenalan Angka Berbasis Virtual Sketsa Dengan Isyarat Tangan.....	18
Gambar 3.4 Flowchart Tahap Deteksi Objek	19
Gambar 3.5 Alur <i>Preprocessing</i>	20
Gambar 3.6 Arsitektur <i>Attentional Convolutional Network</i>	20
Gambar 4.1 Deteksi Jari Telunjuk dengan <i>Mediapipe</i>	23
Gambar 4.2 Sketsa Virtual dengan Jari Telunjuk	23
Gambar 4.3 <i>Canvas</i> dari <i>Frame</i> yang telah terdapat sketsa virtual.....	24
Gambar 4.4 <i>Object Detection Bounding box</i>	35
Gambar 4.5 <i>Cropping Object</i>	35
Gambar 4.6 <i>Grayscale</i> Citra.....	36
Gambar 4.7 <i>Resize</i> Citra 48x48 <i>Pixel</i>	36
Gambar 4.8 Dataset <i>Training</i>	37
Gambar 4.9 Dataset <i>Testing</i>	37
Gambar 4.10 Dataset <i>Validation</i>	38
Gambar 4.11 File <i>train.csv</i>	38
Gambar 4.12 File <i>test.csv</i>	39
Gambar 4.13 File <i>val.csv</i>	39
Gambar 4.14 Pemberian Numerik Angka <i>train.csv</i>	40
Gambar 4.15 Pemberian Numerik Angka <i>test.csv</i>	40
Gambar 4.16 Pemberian Numerik Angka <i>val.csv</i>	41
Gambar 4.17 <i>Attentional Convolutional Network</i> (ACN).....	41

Gambar 4.18 Proses <i>Input</i> Dataset.....	44
Gambar 4.19 Citra Berhasil Dikenali	45
Gambar 4.20 Kesalahan Prediksi Angka	49
Gambar 4.21 Kesalahan Prediksi Angka	50
Gambar 4.22 Kesalahan Prediksi Angka	50
Gambar 4.23 Kesalahan Prediksi Angka	51
Gambar 4.24 Output Sistem Pengenalan Angka Berbasis Virtual Sketsa.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Tinjauan Pustaka	8
Tabel 3.1 Dataset Objek Penelitian	17
Tabel 4.1 Dataset Primer Tiga Model Penulisan	25
Tabel 4.2 Variasi Penulisan Angka	26
Tabel 4.3 Variasi Penulisan Angka	27
Tabel 4.4 Variasi Penulisan Angka	28
Tabel 4.5 Variasi Jenis Penulisan Angka	29
Tabel 4.6 Analisa Variasi Penulisan Pengujian <i>Non Realtime</i>	31
Tabel 4.7 Analisa Variasi Penulisan Pengujian <i>Realtime</i>	33
Tabel 4.8 Konversi Numerik Angka.....	39
Tabel 4.9 <i>Parameter</i> Proses <i>Training</i> Citra.....	42
Tabel 4.10 Skenario <i>Hyperparameter</i>	43
Tabel 4.11 Evaluasi Skenario	44
Tabel 4.12 Pengujian Dataset <i>Non Realtime</i>	45
Tabel 4.13 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Non Realtime</i>	47
Tabel 4.14 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Non Realtime</i>	47
Tabel 4.15 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Non Realtime</i>	48
Tabel 4.16 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Non Realtime</i>	48
Tabel 4.17 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Non Realtime</i>	49
Tabel 4.18 Pengujian secara <i>Realtime</i>	52
Tabel 4.19 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Realtime</i>	54
Tabel 4.20 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Realtime</i>	55
Tabel 4.21 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Realtime</i>	55
Tabel 4.22 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Realtime</i>	56
Tabel 4.23 <i>Confusion Matrix</i> Pengujian <i>Realtime</i>	56
Tabel 4.24 Analisa Kesalahan Prediksi Angka.....	57

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Pengujian Dataset *Non Realtime*

No.	Citra	Angka dideteksi	Angka terdeteksi	Nilai Kebenaran
1	0	0	0	Benar
2	1	1	1	Benar
3	2	2	2	Benar
4	3	3	3	Benar
5	4	4	4	Benar
6	5	5	5	Benar
7	6	6	6	Benar
8	7	7	2	Salah
9	8	8	8	Benar
10	9	9	3	Salah
11	10	10	10	Benar
12	11	11	11	Benar
13	12	12	12	Benar
14	13	13	13	Benar
15	14	14	14	Benar
16	15	15	15	Benar
17	16	16	16	Benar
18	17	17	17	Benar
19	18	18	18	Benar
20	19	19	19	Benar
21	20	20	20	Benar
22	21	21	21	Benar
23	22	22	27	Salah
24	23	23	23	Benar
25	24	24	24	Benar
26	25	25	25	Benar

27		26		26	26	Benar
28		27		27	22	Salah
29		28		28	28	Benar
30		29		29	29	Benar
31		30		30	30	Benar
32		31		31	31	Benar
33		32		32	37	Salah
34		33		33	37	Salah
35		34		34	34	Benar
36		35		35	35	Benar
37		36		36	36	Benar
38		37		37	37	Benar
39		38		38	38	Benar
40		39		39	39	Benar
41		40		40	40	Benar
42		41		41	41	Benar
43		42		42	40	Salah
44		43		43	43	Benar
45		44		44	44	Benar
46		45		45	45	Benar
47		46		46	46	Benar
48		47		47	47	Benar
49		48		48	48	Benar
50		49		49	49	Benar
51		50		50	50	Benar
52		51		51	51	Benar
53		52		52	52	Benar
54		53		53	53	Benar
55		54		54	54	Benar

56		55	55	55	Benar
57		56	56	56	Benar
58		57	57	47	Salah
59		58	58	50	Salah
60		59	59	59	Benar
61		60	60	60	Benar
62		61	61	61	Benar
63		62	62	60	Salah
64		63	63	63	Benar
65		64	64	64	Benar
66		65	65	65	Benar
67		66	66	66	Benar
68		67	67	67	Benar
69		68	68	68	Benar
70		69	69	69	Benar
71		70	70	70	Benar
72		71	71	8	Salah
73		72	72	72	Benar
74		73	73	73	Benar
75		74	74	74	Benar
76		75	75	75	Benar
77		76	76	76	Benar
78		77	77	73	Salah
79		78	78	78	Benar
80		79	79	75	Salah
81		80	80	80	Benar
82		81	81	81	Benar
83		82	82	82	Benar
84		83	83	83	Benar

85	85		84	84	Benar
86	85		85	85	Benar
87	86		86	86	Benar
88	87		87	87	Benar
89	88		88	88	Benar
90	89		89	84	Salah
91	90		90	90	Benar
92	91		91	91	Benar
93	92		92	92	Benar
94	93		93	93	Benar
95	94		94	94	Benar
96	95		95	95	Benar
97	96		96	96	Benar
98	97		97	97	Benar
99	98		98	78	Salah
100	99		99	99	Benar
101	100		100	100	Benar
102	0		0	0	Benar
103	1		1	4	Salah
104	2		2	91	Salah
105	3		3	3	Benar
106	4		4	4	Benar
107	5		5	5	Benar
108	6		6	6	Benar
109	7		7	7	Benar
110	8		8	8	Benar
111	9		9	9	Benar
112	10		10	18	Salah
113	11		11	41	Salah

114		12	12	Benar
115		13	19	Salah
116		14	19	Salah
117		15	15	Benar
118		16	16	Benar
119		17	17	Benar
120		18	18	Benar
121		19	19	Benar
122		20	20	Benar
123		21	31	Salah
124		22	22	Benar
125		23	27	Salah
126		24	64	Salah
127		25	25	Benar
128		26	36	Salah
129		27	22	Salah
130		28	28	Benar
131		29	29	Benar
132		30	30	Benar
133		31	31	Benar
134		32	32	Benar
135		33	39	Salah
136		34	34	Benar
137		35	35	Benar
138		36	36	Benar
139		37	37	Benar
140		38	38	Benar
141		39	39	Benar
142		40	40	Benar

143	41		41	66	Salah
144	42		42	82	Salah
145	43		43	43	Benar
146	44		44	44	Benar
147	45		45	45	Benar
148	46		46	46	Benar
149	47		47	44	Salah
150	48		48	48	Benar
151	49		49	49	Benar
152	50		50	59	Salah
153	51		51	51	Benar
154	52		52	52	Benar
155	53		53	59	Salah
156	54		54	54	Benar
157	55		55	55	Benar
158	56		56	56	Benar
159	57		57	57	Benar
160	58		58	58	Benar
161	59		59	59	Benar
162	60		60	60	Benar
163	61		61	61	Benar
164	62		62	62	Benar
165	63		63	63	Benar
166	64		64	69	Salah
167	65		65	65	Benar
168	66		66	66	Benar
169	67		67	67	Benar
170	68		68	68	Benar
171	69		69	69	Benar

172		70		70	70	Benar
173		71		71	71	Benar
174		72		72	72	Benar
175		73		73	73	Benar
176		74		74	74	Benar
177		75		75	75	Benar
178		76		76	76	Benar
179		77		77	77	Benar
180		78		78	76	Salah
181		79		79	79	Benar
182		80		80	80	Benar
183		81		81	81	Benar
184		82		82	82	Benar
185		83		83	83	Benar
186		84		84	84	Benar
187		85		85	85	Benar
188		86		86	86	Benar
189		87		87	87	Benar
190		88		88	88	Benar
191		89		89	89	Benar
192		90		90	90	Benar
193		91		91	91	Benar
194		92		92	97	Salah
195		93		93	93	Benar
196		94		94	94	Benar
197		95		95	95	Benar
198		96		96	96	Benar
199		97		97	97	Benar
200		98		98	98	Benar

201		99	99	Benar
202		100	100	Benar
203		0	0	Benar
204		1	1	Benar
205		2	2	Benar
206		3	3	Benar
207		4	4	Benar
208		5	9	Salah
209		6	6	Benar
210		7	7	Benar
211		8	63	Salah
212		9	9	Benar
213		10	100	Salah
214		11	17	Salah
215		12	12	Benar
216		13	13	Benar
217		14	14	Benar
218		15	15	Benar
219		16	15	Salah
220		17	17	Benar
221		18	18	Benar
222		19	0	Salah
223		20	20	Benar
224		21	21	Benar
225		22	22	Benar
226		23	22	Salah
227		24	24	Benar
228		25	25	Benar
229		26	26	Benar

230		27		27	27	Benar
231		28		28	28	Benar
232		29		29	29	Benar
233		30		30	30	Benar
234		31		31	31	Benar
235		32		32	92	Salah
236		33		33	33	Benar
237		34		34	54	Salah
238		35		35	35	Benar
239		36		36	36	Benar
240		37		37	37	Benar
241		38		38	48	Salah
242		39		39	34	Salah
243		40		40	40	Benar
244		41		41	41	Benar
245		42		42	42	Benar
246		43		43	43	Benar
247		44		44	44	Benar
248		45		45	45	Benar
249		46		46	46	Benar
250		47		47	47	Benar
251		48		48	48	Benar
252		49		49	49	Benar
253		50		50	50	Benar
254		51		51	51	Benar
255		52		52	52	Benar
256		53		53	53	Benar
257		54		54	54	Benar
258		55		55	55	Benar

259	56		56	56	Benar
260	57		57	57	Benar
261	58		58	58	Benar
262	59		59	59	Benar
263	60		60	60	Benar
264	61		61	61	Benar
265	62		62	62	Benar
266	63		63	63	Benar
267	64		64	64	Benar
268	65		65	65	Benar
269	66		66	66	Benar
270	67		67	67	Benar
271	68		68	68	Benar
272	69		69	69	Benar
273	70		70	70	Benar
274	71		71	71	Benar
275	72		72	72	Benar
276	73		73	73	Benar
277	74		74	74	Benar
278	75		75	75	Benar
279	76		76	76	Benar
280	77		77	77	Benar
281	78		78	78	Benar
282	79		79	75	Salah
283	80		80	80	Benar
284	81		81	81	Benar
285	82		82	82	Benar
286	83		83	53	Salah
287	84		84	84	Benar

288		85	85	85	Benar
289		86	86	80	Salah
290		87	87	87	Benar
291		88	88	88	Benar
292		89	89	83	Salah
293		90	90	70	Salah
294		91	91	9	Salah
295		92	92	92	Benar
296		93	93	93	Benar
297		94	94	94	Benar
298		95	95	95	Benar
299		96	96	96	Benar
300		97	97	97	Benar
301		98	98	98	Benar
302		99	99	49	Salah
303		100	100	100	Benar
304		0	0	0	Benar
305		1	1	1	Benar
306		2	2	2	Benar
307		3	3	3	Benar
308		4	4	4	Benar
309		5	5	5	Benar
310		6	6	6	Benar
311		7	7	7	Benar
312		8	8	8	Benar
313		9	9	9	Benar
314		10	10	10	Benar
315		11	11	22	Salah
316		12	12	12	Benar

317			13	13	Benar
318			14	14	Benar
319			15	15	Benar
320			16	16	Benar
321			17	17	Benar
322			18	18	Benar
323			19	19	Benar
324			20	20	Benar
325			21	21	Benar
326			22	22	Benar
327			23	23	Benar
328			24	24	Benar
329			25	25	Benar
330			26	26	Benar
331			27	27	Benar
332			28	28	Benar
333			29	29	Benar
334			30	30	Benar
335			31	31	Benar
336			32	32	Benar
337			33	79	Salah
338			34	34	Benar
339			35	35	Benar
340			36	36	Benar
341			37	37	Benar
342			38	3	Salah
343			39	39	Benar
344			40	40	Benar
345			41	81	Salah

346		42	42	Benar
347		43	43	Benar
348		44	41	Salah
349		45	45	Benar
350		46	46	Benar
351		47	47	Benar
352		48	78	Salah
353		49	49	Benar
354		50	50	Benar
355		51	51	Benar
356		52	52	Benar
357		53	53	Benar
358		54	54	Benar
359		55	55	Benar
360		56	56	Benar
361		57	57	Benar
362		58	58	Benar
363		59	59	Benar
364		60	60	Benar
365		61	61	Benar
366		62	62	Benar
367		63	63	Benar
368		64	64	Benar
369		65	65	Benar
370		66	66	Benar
371		67	67	Benar
372		68	68	Benar
373		69	69	Benar
374		70	70	Benar

375		71	71	Benar
376		72	72	Benar
377		73	73	Benar
378		74	74	Benar
379		75	75	Benar
380		76	76	Benar
381		77	77	Benar
382		78	78	Benar
383		79	79	Benar
384		80	90	Salah
385		81	81	Benar
386		82	82	Benar
387		83	83	Benar
388		84	84	Benar
389		85	85	Benar
390		86	96	Salah
391		87	87	Benar
392		88	88	Benar
393		89	89	Benar
394		90	90	Benar
395		91	91	Benar
396		92	92	Benar
397		93	93	Benar
398		94	94	Benar
399		95	95	Benar
400		96	96	Benar
401		97	97	Benar
402		98	98	Benar
403		99	99	Benar

404			100	16	Salah
405			0	13	Salah
406			1	1	Benar
407			2	1	Salah
408			3	3	Benar
409			4	66	Salah
410			5	5	Benar
411			6	15	Salah
412			7	1	Salah
413			8	8	Benar
414			9	9	Benar
415			10	18	Salah
416			11	41	Salah
417			12	4	Salah
418			13	13	Benar
419			14	3	Salah
420			15	15	Benar
421			16	16	Benar
422			17	48	Salah
423			18	18	Benar
424			19	19	Benar
425			20	20	Benar
426			21	21	Benar
427			22	22	Benar
428			23	23	Benar
429			24	24	Benar
430			25	25	Benar
431			26	76	Salah
432			27	27	Benar

433		28	28	Benar
434		29	39	Salah
435		30	30	Benar
436		31	31	Benar
437		32	32	Benar
438		33	33	Benar
439		34	34	Benar
440		35	35	Benar
441		36	36	Benar
442		37	37	Benar
443		38	30	Salah
444		39	39	Benar
445		40	40	Benar
446		41	91	Salah
447		42	42	Benar
448		43	43	Benar
449		44	44	Benar
450		45	45	Benar
451		46	46	Benar
452		47	47	Benar
453		48	45	Salah
454		49	49	Benar
455		50	50	Benar
456		51	51	Benar
457		52	52	Benar
458		53	53	Benar
459		54	54	Benar
460		55	55	Benar
461		56	56	Benar

462		54	57	67	Salah
463		55	58	58	Benar
464		56	59	59	Benar
465		57	60	60	Benar
466		58	61	61	Benar
467		59	62	62	Benar
468		60	63	63	Benar
469		61	64	86	Benar
470		62	65	65	Benar
471		63	66	60	Salah
472		64	67	67	Benar
473		65	68	68	Benar
474		66	69	69	Benar
475		67	70	70	Benar
476		68	71	71	Benar
477		69	72	72	Benar
478		70	73	73	Benar
479		71	74	74	Benar
480		72	75	75	Benar
481		73	76	76	Benar
482		74	77	77	Benar
483		75	78	78	Benar
484		76	79	79	Benar
485		77	80	80	Benar
486		78	81	81	Benar
487		79	82	82	Benar
488		80	83	83	Benar
489		81	84	84	Benar
490		82	85	89	Salah

















491			86	86	Benar
492			87	87	Benar
493			88	88	Benar
494			89	89	Benar
495			90	90	Benar
496			91	91	Benar
497			92	92	Benar
498			93	93	Benar
499			94	97	Salah
500			95	95	Benar
501			96	96	Benar
502			97	97	Benar
503			98	36	Salah
504			99	99	Benar
505			100	100	Benar
506			0	0	Benar
507			1	1	Benar
508			2	21	Salah
509			3	3	Benar
510			4	4	Benar
511			5	5	Benar
512			6	6	Benar
513			7	7	Benar
514			8	18	Salah
515			9	9	Benar
516			10	10	Benar
517			11	12	Salah
518			12	12	Benar
519			13	13	Benar


















520		14	14	14	Benar
521		15	15	15	Benar
522		16	16	16	Benar
523		17	17	48	Salah
524		18	18	48	Salah
525		19	19	19	Benar
526		20	20	20	Benar
527		21	21	21	Benar
528		22	22	22	Benar
529		23	23	25	Salah
530		24	24	24	Benar
531		25	25	25	Benar
532		26	26	26	Benar
533		27	27	27	Benar
534		28	28	28	Benar
535		29	29	29	Benar
536		30	30	30	Benar
537		31	31	31	Benar
538		32	32	32	Benar
539		33	33	33	Benar
540		34	34	34	Benar
541		35	35	45	Salah
542		36	36	36	Benar
543		37	37	37	Benar
544		38	38	36	Salah
545		39	39	39	Benar
546		40	40	40	Benar
547		41	41	41	Benar
548		42	42	42	Benar


















549	43		43	43	Benar
550	44		44	44	Benar
551	45		45	45	Benar
552	46		46	56	Salah
553	47		47	47	Benar
554	48		48	48	Benar
555	49		49	49	Benar
556	50		50	50	Benar
557	51		51	51	Benar
558	52		52	52	Benar
559	53		53	53	Benar
560	54		54	54	Benar
561	55		55	55	Benar
562	56		56	56	Benar
563	57		57	57	Benar
564	58		58	58	Benar
565	59		59	59	Benar
566	60		60	60	Benar
567	61		61	61	Benar
568	62		62	62	Benar
569	63		63	63	Benar
570	64		64	64	Benar
571	65		65	65	Benar
572	66		66	66	Benar
573	67		67	67	Benar
574	68		68	62	Salah
575	69		69	69	Benar
576	70		70	70	Benar
577	71		71	71	Benar


















578	72	72	72	Benar
579	73	73	73	Benar
580	74	74	74	Benar
581	75	75	75	Benar
582	76	76	76	Benar
583	77	77	77	Benar
584	78	78	78	Benar
585	79	79	79	Benar
586	80	80	80	Benar
587	81	81	81	Benar
588	82	82	82	Benar
589	83	83	87	Salah
590	84	84	54	Salah
591	85	85	85	Benar
592	86	86	86	Benar
593	87	87	87	Benar
594	88	88	86	Salah
595	89	89	89	Benar
596	90	90	90	Benar
597	91	91	91	Benar
598	92	92	92	Benar
599	93	93	93	Benar
600	94	94	94	Benar
601	95	95	95	Benar
602	96	96	96	Benar
603	97	97	97	Benar
604	98	98	98	Benar
605	99	99	99	Benar
606	100	100	60	Salah


















Lampiran 2. Tabel Pengujian Secara *Realtime* Mengambil *Frame* Terakhir


















No.	Citra	Sketsa Angka	Angka dideteksi	Angka terdeteksi	Nilai Kebenaran
1		0	0	0	Benar
2		1	1	1	Benar
3		2	2	2	Benar
4		3	3	3	Benar
5		4	4	4	Benar
6		5	5	5	Benar
7		6	6	6	Benar
8		7	7	7	Benar
9		8	8	8	Benar
10		9	9	9	Benar
11		10	10	10	Benar
12		11	11	17	Salah
13		12	12	12	Benar
14		13	13	13	Benar
15		14	14	14	Benar
16		15	15	15	Benar

17			16	16	16	Benar
18			17	17	17	Benar
19			18	18	18	Benar
20			19	19	19	Benar
21			20	20	20	Benar
22			21	21	21	Benar
23			22	22	22	Benar
24			23	23	23	Benar
25			24	24	24	Benar
26			25	25	25	Benar
27			26	26	26	Benar
28			27	27	27	Benar
29			28	28	28	Benar
30			29	29	29	Benar
31			30	30	30	Benar
32			31	31	31	Benar
33			32	32	32	Benar

34				33		33	33	Benar
35				34		34	31	Salah
36				35		35	35	Benar
37				36		36	36	Benar
38				37		37	37	Benar
39				38		38	38	Benar
40				39		39	39	Benar
41				40		40	40	Benar
42				41		41	41	Benar
43				42		42	12	Salah
44				43		43	43	Benar
45				44		44	44	Benar
46				45		45	45	Benar
47				46		46	46	Benar
48				47		47	47	Benar
49				48		48	48	Benar
50				49		49	49	Benar

51				50		50	50	Benar
52				51		51	51	Benar
53				52		52	52	Benar
54				53		53	53	Benar
55				54		54	54	Benar
56				55		55	55	Benar
57				56		56	56	Benar
58				57		57	57	Benar
59				58		58	59	Salah
60				59		59	59	Benar
61				60		60	60	Benar
62				61		61	61	Benar
63				62		62	60	Salah
64				63		63	63	Benar
65				64		64	64	Benar
66				65		65	65	Benar
67				66		66	66	Benar

68				67	67	67	Benar
69				68	68	68	Benar
70				68	69	69	Benar
71				70	70	70	Benar
72				71	71	71	Benar
73				72	72	72	Benar
74				73	73	73	Benar
75				74	74	74	Benar
76				75	75	75	Benar
77				76	76	76	Benar
78				77	77	44	Salah
79				78	78	78	Benar
80				79	79	79	Benar
81				80	80	80	Benar
82				81	81	81	Benar
83				82	82	82	Benar
84				83	83	83	Benar

85			84	84	Benar
86			85	86	Salah
87			86	86	Benar
88			87	87	Benar
89			88	87	Salah
90			89	89	Benar
91			90	90	Benar
92			91	91	Benar
93			92	92	Benar
94			93	93	Benar
95			94	34	Salah
96			95	95	Benar
97			96	96	Benar
98			97	97	Benar
99			98	98	Benar
100			99	94	Salah
101			100	100	Benar