

ANALISIS PERBANDINGAN LINK BUDGET UNTUK MENGHITUNG PATH LOSS PADA DAERAH URBAN DAN SUBURBAN MENGUNAKAN METODE OKUMURA HATTA

Dwi Puji Astuti^{1*}, Lela Nurpulaela²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Kec. Teluk jambe Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361
email: ¹dwi.puji19057@student.unsika.ac.id. ²lela.nurpulaela@ft.unsika.ac.id

Abstract – As time goes by, the development of cellular communication technology is increasing, this is related to the increasing need for cellular communication. Cellular communication propagation media uses air, propagation between sender and receiver can cause propagation losses and affect the quality of communication. Therefore we need a communication network planning. In wireless communication planning requires link budget calculation. The link budget calculation is useful for cost efficiency and building a quality communication system. Therefore, in this study, link budget calculations in urban and sub-urban areas were made using the Okumara Hatta method and simulations using Matlab software. In this study using data from various sources. The data is used to calculate the path loss value and the received power level. From the results of research using the Okumara-Hatta method, it proves that the greater the distance or distance of the MS (mobile station) to the BTS (Base Transceiver Station), the greater the path loss experienced. The carrier frequency, BTS height, and MS height also affect the starting point of the path loss.

Keyword– wireless communication, link budget, path loss

Abstrak – Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi komunikasi seluler semakin meningkat, hal tersebut berkaitan dengan meningkatnya kebutuhan komunikasi seluler. Media perambatan komunikasi seluler menggunakan udara, perambatan antara pengirim dan penerima dapat menimbulkan rugi-rugi propagasi dan berpengaruh terhadap kualitas komunikasi. Maka dari itu diperlukan suatu perencanaan jaringan komunikasi. Dalam perencanaan komunikasi nirkabel membutuhkan perhitungan link budget. Perhitungan link budget berguna untuk efisiensi biaya dan membangun sistem komunikasi yang berkualitas. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini dibuat perhitungan link budget di daerah urban dan sub urban menggunakan metode okumura hatta serta simulasi menggunakan software matlab. Pada penelitian ini menggunakan data dari berbagai sumber. Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai path loss dan tingkat daya yang diterima. Dari hasil penelitian menggunakan metode Okumura-Hatta, membuktikan bahwa semakin besar distance atau jarak MS (mobile station) dengan BTS (Base Transceiver Station), maka semakin besar juga path loss yang dialami. Besar frekuensi pembawa, tinggi BTS, serta tinggi MS juga mempengaruhi titik awal terjadinya path loss tersebut.

Kata Kunci – komunikasi nirkabel, link budget, path loss.

I. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi semakin pesat, salah satunya yaitu perkembangan teknologi komunikasi

seluler. Hal tersebut ditandai dengan bertambahnya pelanggan komunikasi nirkabel seluler. Pertambahan pelanggan tersebut tidak hanya di daerah urban tetapi juga di daerah sub urban. Pertumbuhan yang luar biasa ini meningkatkan kebutuhan alat network planning yang handal untuk mempercepat proses pengembangan jaringan telekomunikasi [1]. Kebutuhan akan jaringan yang berkualitas tinggi dan kapasitas tinggi membutuhkan hasil prediksi yang akurat. Oleh karena itu, untuk menciptakan perencanaan yang lebih akurat pada jaringan telekomunikasi, maka pengukuran kekuatan sinyal harus diperhatikan dalam perhitungan path loss propagasi [2]. Perhitungan link budget memiliki peran penting pada sistem komunikasi seluler. Data yang didapatkan dalam perhitungan link budget diantaranya adalah nilai tingkat sinyal penerima (Receive Signal Level / RSL) yang didapatkan dari menghitung parameter pathloss. Model propagasi digunakan untuk memprediksi kekuatan sinyal yang diterima oleh receiver pada jarak tertentu terhadap pemancar. Model propagasi yang memprediksi kekuatan sinyal pada receiver dengan jarak pemisah tertentu antara pemancar-penerima (T-R) dan berguna dalam memprediksi area jangkauan radio pemancar. Model propagasi berguna untuk memprediksi redaman sinyal atau path loss [3]. Propagasi di setiap daerah memiliki karakteristik yang berbeda. Estimasi redaman yang akurat memiliki peran penting dalam perencanaan jaringan telekomunikasi. Keakuratan prediksi model propagasi juga tergantung pada kesesuaiannya suatu lingkungan. Terdapat beberapa model propagasi untuk menghitung pathloss di berbagai wilayah, diantaranya model Longley-Rice, model Okumura, model Durkin, model W.C.Y. Lee, model Hata, model PCS Extension to Hata, model Bertoni dan Walfish, dan model Sel Mikro PCS Pita Lebar. Untuk menentukan model yang paling tepat dalam mengestimasi nilai perhitungan pathloss, perlu dilakukan perbandingan antar dua atau lebih model propagasi. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilih metode Okumura Hatta.

Pada penelitian kali ini akan dibahas mengenai perbandingan link budget untuk menghitung path loss pada daerah urban dan sub urban menggunakan metode okumura – hatta. Data diperoleh dari jurnal penelitian sebelumnya, kemudian data tersebut dihitung nilai path loss. Untuk menghitung besar path loss. Selanjutnya akan dikalkulasi dengan menggunakan program MATLAB untuk dianalisis

*) **penulis korespondensi:** Dwi Puji Astuti
Email: dwi.puji19057@student.unsika.ac.id

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Terdapat beberapa penelitian terkait path loss diantaranya yaitu :

“Analisis maksimum pathloss power link budget pada sistem jaringan CDMA2000 1x. Jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknik - Universitas Tanjungpura”. Pada penelitian tersebut membahas tentang menghitung dan menganalisis maksimum pathloss power link budget sistem jaringan CDMA2000 1x menggunakan pathloss okumura hatta, radius sel dan luas jangkauan CDMA. Dari hasil penelitian, maksimum pathloss berdasarkan parameter-parameter power link budget yaitu pada BTS Centrum dan BTS Rais rahman sama-sama mempunyai nilai 150.57 dB, frekuensi samasama 800 Mhz, tinggi antenna base station masing-masing 47 m dan 50 m, tinggi antenna mobile receiver sama-sama 1.5 m yang menghasilkan radius sel pada masih dalam standar ideal yang ditetapkan perusahaan untuk parameter radius sel (sel dari 1 km hingga 35 km) yaitu masing-masing 3.94 Km dan 3.95 Km dan menghasilkan luas jangkauan masing-masing 40.36 Km² dan 40.57 Km²[4]

“Analisa Perbandingan Model W.C.Y. Lee dan Model PCS Extension to Hata pada Perhitungan Link Budget Komunikasi Seluler Daerah Urban. Program Studi Teknik Telekomunikasi - Politeknik Negeri Sriwijaya”. Pada penelitian tersebut, dilakukan dengan dua cara yakni menghitung RSL pada link budget secara teoritis dan melakukan pengukuran, lalu kedua data tersebut dianalisis dan didapatkan model propagasi yang sesuai untuk wilayah urban. Pada perhitungan pathloss penelitian tersebut digunakan model W.C.Y. Lee dan model PCS Extension to Hata, sedangkan tahap pengukuran RSL digunakan dengan drive test. Jarak pengukuran pada penelitian tersebut yaitu 100 m hingga 1000 m. Hasil pengukuran RSL pada jarak tersebut yaitu -76 dBm hingga -97 dBm. Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka model propagasi yang sesuai untuk daerah urban adalah model PCS Extension to Hata[5].

“Analisis link budgeting berbasis GUI (Graphical User Interface) matlab pada daerah pusat kota (DPK), perkantoran dan perumahan. Fakultas Teknik - Untan Pontianak”. Pada penelitian tersebut dibuat suatu visualisasi software perhitungan link budget dari provider GSM di perkotaan Pusat Kota (DPK), Perkantoran dan Perumahan. Data yang digunakan dalam perhitungan GSM link budget adalah data pengukuran dengan metode drive test dan data yang diperoleh dari PT. Telkomsel sebagai data referensi dari masing-masing BTS. Dari data tersebut dihitung pathloss nilai dan tingkat daya yang diterima. Untuk menghitung path loss dan menerima level daya di perkotaan menggunakan model COST 231 Walfisch Ikegami dan aplikasi yang digunakan adalah matlab. Berdasarkan software Path loss Link Budgeting yang telah dibuat dengan base station yang tinggi yang memiliki kualitas sinyal terkuat adalah City Center dengan Power Level Accept -51 dBm dan terendah -53 dBm, path loss terkecil 101,8 dB dan terbesar 103,8 dB, sedangkan kawasan kualitas terlemah adalah kawasan permukiman dengan tingkat penerimaan terkuat yaitu -51 dan terendah -63 dengan path loss terkecil 101,8 dB dan terbesar 113,8 dB[6].

III. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data untuk mencari data dan informasi.

1. Pengambilan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengambilan data melalui beberapa jurnal yang telah diteliti dan dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya. Kemudian data-data tersebut akan dipilih berdasarkan kesesuaian dengan fokus dari penelitian ini. Berdasarkan sumber jurnal, luas cakupan parameter yang digunakan untuk model Okumura Hata yaitu seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah.

TABEL I
PARAMETER YANG DIGUNAKAN UNTUK MODEL OKUMURA HATTA

Parameter	Notasi	Spesifikasi
Frekuensi Pembawa	Fc	150-1500 MHz
Tinggi Antena BTS	Ht	30-200 m
Tinggi Antena MS	Hr	1-10 m
Jarak BTS dengan MS	d	1-20 km

Untuk nilai parameter yang digunakan akan mengikuti data pada jurnal yang berjudul “Analisa Pathloss Exponent Pada Daerah Urban dan Sub urban” oleh S. Nindito dkk seperti pada tabel 2.

TABEL II
LEVEL DATA TERTIMPA PADA MASING-MASING CLUSTER

Jarak (m)	Level Daya Terima (Pr)(dBm)			
	Urban			Suburban
	CBD	Residence	Perkantoran	Wiyung
100	-58	-59	-67	-68
200	-65	-63	-69	-69
300	-72	-66	-75	-73
400	-76	-68	-80	-77
500	-79	-79	-75	-76
600	-82	-79	-77	-80
700	-84	-78	-87	-81
800	-86	-80	-90	-82
900	-86	-81	-98	-80
1000	-88	-84	-95	-83

Dengan :

Tinggi antenna node B atau (BTS) = 30 m

Tinggi mobile Station = 1,5 m

2. Pembuatan simulasi

Untuk mengukur *path loss*, terdapat beberapa model yang dapat digunakan. Dari semua model tersebut, model Hata memberikan hasil yang lebih andal. Model ini dikembangkan oleh Y. Okumura dan M.Hata dan didasarkan pada pengukuran di daerah perkotaan dan pinggiran kota. Model Hata adalah formulasi empiris dari data *path loss* grafis yang disediakan oleh Okumura. Model ini valid pada rentang frekuensi 150-1500MHz. Model ini menyederhanakan perhitungan *path loss*

karena merupakan rumus *closed-form* dan tidak didasarkan pada kurva empiris untuk parameter yang berbeda. Pada bagian ini program simulasi akan dibuat menggunakan MATLAB sebagai *text editor* dan simulatornya. Program tersebut akan mencantumkan rumus yang digunakan dalam model Okumura-Hata untuk mendapatkan nilai yang telah dikelola oleh program berdasarkan persamaan yang telah dimasukkan.

Persamaan Okumura-Hata dapat dilihat sebagai berikut:

Daerah urban :

$$Lu(dB) = 69.55 + 26.16 \log_{10}(F_c) - 13.82 \log_{10}(H_{te}) - a(H_{re}) + (44.9 - 6.55 \log_{10}(H_{te})) \log_{10}(d)$$

Daerah Suburban :

$$Lsu(dB) = Lu(dB) - 2(\log(F_c/28))^2 + 5.4$$

atau

$$Lsu(dB) = Lu(dB) - (1.1 \log(F_c) - 0.7)H_r - (1.56 \log(F_c) - 0.8)$$

Dimana :

$a(H_{re})$ = Faktor koreksi untuk tinggi antenna seluler berdasarkan ukuran area jangkauan

Kota besar, $f_c \leq 300$ MHz : $a(H_{re}) = 8,29 (\log 1,54(H_{re}))^2 - 1,1$ dB

Kota besar, $f_c = 300$ MHz : $a(H_{re}) = 3,2 (\log 11, (H_{re}))^2 - 4,79$ dB

F_c = Frekuensi Carrier (MHz)

H_t = Tinggi antenna Base Transceiver Station (BTS)

H_r = Tinggi Antena Mobile Station (MS)

d = Jarak BTS dengan MS

```

Editor - C:\Users\23016949\Documents\OkumuraHata.m
OkumuraHata.m
1 = clear
2 = close all
3 = close all;
4 = %Base Station Height between 30 m and 1000 m
5 = %Mobile Station Height between 1 m and 10 m
6 = %Distance from base station : m
7 = %Frequency between 100MHz and 1000MHz
8 = %Small city
9 = %Large city
10 = %Urban
11 = %Suburban
12 = %Rural
13 = %Rural-M
14 = %Rural-L
15 = %Rural-M
16 = %Rural-L
17 = %Rural-M
18 = %Rural-L
19 = %Rural-M
20 = %Rural-L
21 = %Rural-M
22 = %Rural-L
23 = %Rural-M
24 = %Rural-L
25 = %Rural-M
26 = %Rural-L
27 = %Rural-M
28 = %Rural-L
29 = %Rural-M
30 = %Rural-L
31 = %Rural-M
32 = %Rural-L
33 = %Rural-M
34 = %Rural-L
35 = %Rural-M
36 = %Rural-L
37 = %Rural-M
38 = %Rural-L
39 = %Rural-M
40 = %Rural-L
41 = %Rural-M
42 = %Rural-L
43 = %Rural-M
44 = %Rural-L
45 = %Rural-M
46 = %Rural-L
47 = %Rural-M
48 = %Rural-L
49 = %Rural-M
50 = %Rural-L
51 = %Rural-M
52 = %Rural-L
53 = %Rural-M
54 = %Rural-L
55 = %Rural-M
56 = %Rural-L
57 = %Rural-M
58 = %Rural-L
59 = %Rural-M
60 = %Rural-L
61 = %Rural-M
62 = %Rural-L
63 = %Rural-M
64 = %Rural-L
65 = %Rural-M
66 = %Rural-L
67 = %Rural-M
68 = %Rural-L
69 = %Rural-M
70 = %Rural-L
71 = %Rural-M
72 = %Rural-L
73 = %Rural-M
74 = %Rural-L
75 = %Rural-M
76 = %Rural-L
77 = %Rural-M
78 = %Rural-L
79 = %Rural-M
80 = %Rural-L
81 = %Rural-M
82 = %Rural-L
83 = %Rural-M
84 = %Rural-L
85 = %Rural-M
86 = %Rural-L
87 = %Rural-M
88 = %Rural-L
89 = %Rural-M
90 = %Rural-L
91 = %Rural-M
92 = %Rural-L
93 = %Rural-M
94 = %Rural-L
95 = %Rural-M
96 = %Rural-L
97 = %Rural-M
98 = %Rural-L
99 = %Rural-M
100 = %Rural-L
101 = %Rural-M
102 = %Rural-L
103 = %Rural-M
104 = %Rural-L
105 = %Rural-M
106 = %Rural-L
107 = %Rural-M
108 = %Rural-L
109 = %Rural-M
110 = %Rural-L
111 = %Rural-M
112 = %Rural-L
113 = %Rural-M
114 = %Rural-L
115 = %Rural-M
116 = %Rural-L
117 = %Rural-M
118 = %Rural-L
119 = %Rural-M
120 = %Rural-L
121 = %Rural-M
122 = %Rural-L
123 = %Rural-M
124 = %Rural-L
125 = %Rural-M
126 = %Rural-L
127 = %Rural-M
128 = %Rural-L
129 = %Rural-M
130 = %Rural-L
131 = %Rural-M
132 = %Rural-L
133 = %Rural-M
134 = %Rural-L
135 = %Rural-M
136 = %Rural-L
137 = %Rural-M
138 = %Rural-L
139 = %Rural-M
140 = %Rural-L
141 = %Rural-M
142 = %Rural-L
143 = %Rural-M
144 = %Rural-L
145 = %Rural-M
146 = %Rural-L
147 = %Rural-M
148 = %Rural-L
149 = %Rural-M
150 = %Rural-L
151 = %Rural-M
152 = %Rural-L
153 = %Rural-M
154 = %Rural-L
155 = %Rural-M
156 = %Rural-L
157 = %Rural-M
158 = %Rural-L
159 = %Rural-M
160 = %Rural-L
161 = %Rural-M
162 = %Rural-L
163 = %Rural-M
164 = %Rural-L
165 = %Rural-M
166 = %Rural-L
167 = %Rural-M
168 = %Rural-L
169 = %Rural-M
170 = %Rural-L
171 = %Rural-M
172 = %Rural-L
173 = %Rural-M
174 = %Rural-L
175 = %Rural-M
176 = %Rural-L
177 = %Rural-M
178 = %Rural-L
179 = %Rural-M
180 = %Rural-L
181 = %Rural-M
182 = %Rural-L
183 = %Rural-M
184 = %Rural-L
185 = %Rural-M
186 = %Rural-L
187 = %Rural-M
188 = %Rural-L
189 = %Rural-M
190 = %Rural-L
191 = %Rural-M
192 = %Rural-L
193 = %Rural-M
194 = %Rural-L
195 = %Rural-M
196 = %Rural-L
197 = %Rural-M
198 = %Rural-L
199 = %Rural-M
200 = %Rural-L
201 = %Rural-M
202 = %Rural-L
203 = %Rural-M
204 = %Rural-L
205 = %Rural-M
206 = %Rural-L
207 = %Rural-M
208 = %Rural-L
209 = %Rural-M
210 = %Rural-L
211 = %Rural-M
212 = %Rural-L
213 = %Rural-M
214 = %Rural-L
215 = %Rural-M
216 = %Rural-L
217 = %Rural-M
218 = %Rural-L
219 = %Rural-M
220 = %Rural-L
221 = %Rural-M
222 = %Rural-L
223 = %Rural-M
224 = %Rural-L
225 = %Rural-M
226 = %Rural-L
227 = %Rural-M
228 = %Rural-L
229 = %Rural-M
230 = %Rural-L
231 = %Rural-M
232 = %Rural-L
233 = %Rural-M
234 = %Rural-L
235 = %Rural-M
236 = %Rural-L
237 = %Rural-M
238 = %Rural-L
239 = %Rural-M
240 = %Rural-L
241 = %Rural-M
242 = %Rural-L
243 = %Rural-M
244 = %Rural-L
245 = %Rural-M
246 = %Rural-L
247 = %Rural-M
248 = %Rural-L
249 = %Rural-M
250 = %Rural-L
251 = %Rural-M
252 = %Rural-L
253 = %Rural-M
254 = %Rural-L
255 = %Rural-M
256 = %Rural-L
257 = %Rural-M
258 = %Rural-L
259 = %Rural-M
260 = %Rural-L
261 = %Rural-M
262 = %Rural-L
263 = %Rural-M
264 = %Rural-L
265 = %Rural-M
266 = %Rural-L
267 = %Rural-M
268 = %Rural-L
269 = %Rural-M
270 = %Rural-L
271 = %Rural-M
272 = %Rural-L
273 = %Rural-M
274 = %Rural-L
275 = %Rural-M
276 = %Rural-L
277 = %Rural-M
278 = %Rural-L
279 = %Rural-M
280 = %Rural-L
281 = %Rural-M
282 = %Rural-L
283 = %Rural-M
284 = %Rural-L
285 = %Rural-M
286 = %Rural-L
287 = %Rural-M
288 = %Rural-L
289 = %Rural-M
290 = %Rural-L
291 = %Rural-M
292 = %Rural-L
293 = %Rural-M
294 = %Rural-L
295 = %Rural-M
296 = %Rural-L
297 = %Rural-M
298 = %Rural-L
299 = %Rural-M
300 = %Rural-L
301 = %Rural-M
302 = %Rural-L
303 = %Rural-M
304 = %Rural-L
305 = %Rural-M
306 = %Rural-L
307 = %Rural-M
308 = %Rural-L
309 = %Rural-M
310 = %Rural-L
311 = %Rural-M
312 = %Rural-L
313 = %Rural-M
314 = %Rural-L
315 = %Rural-M
316 = %Rural-L
317 = %Rural-M
318 = %Rural-L
319 = %Rural-M
320 = %Rural-L
321 = %Rural-M
322 = %Rural-L
323 = %Rural-M
324 = %Rural-L
325 = %Rural-M
326 = %Rural-L
327 = %Rural-M
328 = %Rural-L
329 = %Rural-M
330 = %Rural-L
331 = %Rural-M
332 = %Rural-L
333 = %Rural-M
334 = %Rural-L
335 = %Rural-M
336 = %Rural-L
337 = %Rural-M
338 = %Rural-L
339 = %Rural-M
340 = %Rural-L
341 = %Rural-M
342 = %Rural-L
343 = %Rural-M
344 = %Rural-L
345 = %Rural-M
346 = %Rural-L
347 = %Rural-M
348 = %Rural-L
349 = %Rural-M
350 = %Rural-L
351 = %Rural-M
352 = %Rural-L
353 = %Rural-M
354 = %Rural-L
355 = %Rural-M
356 = %Rural-L
357 = %Rural-M
358 = %Rural-L
359 = %Rural-M
360 = %Rural-L
361 = %Rural-M
362 = %Rural-L
363 = %Rural-M
364 = %Rural-L
365 = %Rural-M
366 = %Rural-L
367 = %Rural-M
368 = %Rural-L
369 = %Rural-M
370 = %Rural-L
371 = %Rural-M
372 = %Rural-L
373 = %Rural-M
374 = %Rural-L
375 = %Rural-M
376 = %Rural-L
377 = %Rural-M
378 = %Rural-L
379 = %Rural-M
380 = %Rural-L
381 = %Rural-M
382 = %Rural-L
383 = %Rural-M
384 = %Rural-L
385 = %Rural-M
386 = %Rural-L
387 = %Rural-M
388 = %Rural-L
389 = %Rural-M
390 = %Rural-L
391 = %Rural-M
392 = %Rural-L
393 = %Rural-M
394 = %Rural-L
395 = %Rural-M
396 = %Rural-L
397 = %Rural-M
398 = %Rural-L
399 = %Rural-M
400 = %Rural-L
401 = %Rural-M
402 = %Rural-L
403 = %Rural-M
404 = %Rural-L
405 = %Rural-M
406 = %Rural-L
407 = %Rural-M
408 = %Rural-L
409 = %Rural-M
410 = %Rural-L
411 = %Rural-M
412 = %Rural-L
413 = %Rural-M
414 = %Rural-L
415 = %Rural-M
416 = %Rural-L
417 = %Rural-M
418 = %Rural-L
419 = %Rural-M
420 = %Rural-L
421 = %Rural-M
422 = %Rural-L
423 = %Rural-M
424 = %Rural-L
425 = %Rural-M
426 = %Rural-L
427 = %Rural-M
428 = %Rural-L
429 = %Rural-M
430 = %Rural-L
431 = %Rural-M
432 = %Rural-L
433 = %Rural-M
434 = %Rural-L
435 = %Rural-M
436 = %Rural-L
437 = %Rural-M
438 = %Rural-L
439 = %Rural-M
440 = %Rural-L
441 = %Rural-M
442 = %Rural-L
443 = %Rural-M
444 = %Rural-L
445 = %Rural-M
446 = %Rural-L
447 = %Rural-M
448 = %Rural-L
449 = %Rural-M
450 = %Rural-L
451 = %Rural-M
452 = %Rural-L
453 = %Rural-M
454 = %Rural-L
455 = %Rural-M
456 = %Rural-L
457 = %Rural-M
458 = %Rural-L
459 = %Rural-M
460 = %Rural-L
461 = %Rural-M
462 = %Rural-L
463 = %Rural-M
464 = %Rural-L
465 = %Rural-M
466 = %Rural-L
467 = %Rural-M
468 = %Rural-L
469 = %Rural-M
470 = %Rural-L
471 = %Rural-M
472 = %Rural-L
473 = %Rural-M
474 = %Rural-L
475 = %Rural-M
476 = %Rural-L
477 = %Rural-M
478 = %Rural-L
479 = %Rural-M
480 = %Rural-L
481 = %Rural-M
482 = %Rural-L
483 = %Rural-M
484 = %Rural-L
485 = %Rural-M
486 = %Rural-L
487 = %Rural-M
488 = %Rural-L
489 = %Rural-M
490 = %Rural-L
491 = %Rural-M
492 = %Rural-L
493 = %Rural-M
494 = %Rural-L
495 = %Rural-M
496 = %Rural-L
497 = %Rural-M
498 = %Rural-L
499 = %Rural-M
500 = %Rural-L
501 = %Rural-M
502 = %Rural-L
503 = %Rural-M
504 = %Rural-L
505 = %Rural-M
506 = %Rural-L
507 = %Rural-M
508 = %Rural-L
509 = %Rural-M
510 = %Rural-L
511 = %Rural-M
512 = %Rural-L
513 = %Rural-M
514 = %Rural-L
515 = %Rural-M
516 = %Rural-L
517 = %Rural-M
518 = %Rural-L
519 = %Rural-M
520 = %Rural-L
521 = %Rural-M
522 = %Rural-L
523 = %Rural-M
524 = %Rural-L
525 = %Rural-M
526 = %Rural-L
527 = %Rural-M
528 = %Rural-L
529 = %Rural-M
530 = %Rural-L
531 = %Rural-M
532 = %Rural-L
533 = %Rural-M
534 = %Rural-L
535 = %Rural-M
536 = %Rural-L
537 = %Rural-M
538 = %Rural-L
539 = %Rural-M
540 = %Rural-L
541 = %Rural-M
542 = %Rural-L
543 = %Rural-M
544 = %Rural-L
545 = %Rural-M
546 = %Rural-L
547 = %Rural-M
548 = %Rural-L
549 = %Rural-M
550 = %Rural-L
551 = %Rural-M
552 = %Rural-L
553 = %Rural-M
554 = %Rural-L
555 = %Rural-M
556 = %Rural-L
557 = %Rural-M
558 = %Rural-L
559 = %Rural-M
560 = %Rural-L
561 = %Rural-M
562 = %Rural-L
563 = %Rural-M
564 = %Rural-L
565 = %Rural-M
566 = %Rural-L
567 = %Rural-M
568 = %Rural-L
569 = %Rural-M
570 = %Rural-L
571 = %Rural-M
572 = %Rural-L
573 = %Rural-M
574 = %Rural-L
575 = %Rural-M
576 = %Rural-L
577 = %Rural-M
578 = %Rural-L
579 = %Rural-M
580 = %Rural-L
581 = %Rural-M
582 = %Rural-L
583 = %Rural-M
584 = %Rural-L
585 = %Rural-M
586 = %Rural-L
587 = %Rural-M
588 = %Rural-L
589 = %Rural-M
590 = %Rural-L
591 = %Rural-M
592 = %Rural-L
593 = %Rural-M
594 = %Rural-L
595 = %Rural-M
596 = %Rural-L
597 = %Rural-M
598 = %Rural-L
599 = %Rural-M
600 = %Rural-L
601 = %Rural-M
602 = %Rural-L
603 = %Rural-M
604 = %Rural-L
605 = %Rural-M
606 = %Rural-L
607 = %Rural-M
608 = %Rural-L
609 = %Rural-M
610 = %Rural-L
611 = %Rural-M
612 = %Rural-L
613 = %Rural-M
614 = %Rural-L
615 = %Rural-M
616 = %Rural-L
617 = %Rural-M
618 = %Rural-L
619 = %Rural-M
620 = %Rural-L
621 = %Rural-M
622 = %Rural-L
623 = %Rural-M
624 = %Rural-L
625 = %Rural-M
626 = %Rural-L
627 = %Rural-M
628 = %Rural-L
629 = %Rural-M
630 = %Rural-L
631 = %Rural-M
632 = %Rural-L
633 = %Rural-M
634 = %Rural-L
635 = %Rural-M
636 = %Rural-L
637 = %Rural-M
638 = %Rural-L
639 = %Rural-M
640 = %Rural-L
641 = %Rural-M
642 = %Rural-L
643 = %Rural-M
644 = %Rural-L
645 = %Rural-M
646 = %Rural-L
647 = %Rural-M
648 = %Rural-L
649 = %Rural-M
650 = %Rural-L
651 = %Rural-M
652 = %Rural-L
653 = %Rural-M
654 = %Rural-L
655 = %Rural-M
656 = %Rural-L
657 = %Rural-M
658 = %Rural-L
659 = %Rural-M
660 = %Rural-L
661 = %Rural-M
662 = %Rural-L
663 = %Rural-M
664 = %Rural-L
665 = %Rural-M
666 = %Rural-L
667 = %Rural-M
668 = %Rural-L
669 = %Rural-M
670 = %Rural-L
671 = %Rural-M
672 = %Rural-L
673 = %Rural-M
674 = %Rural-L
675 = %Rural-M
676 = %Rural-L
677 = %Rural-M
678 = %Rural-L
679 = %Rural-M
680 = %Rural-L
681 = %Rural-M
682 = %Rural-L
683 = %Rural-M
684 = %Rural-L
685 = %Rural-M
686 = %Rural-L
687 = %Rural-M
688 = %Rural-L
689 = %Rural-M
690 = %Rural-L
691 = %Rural-M
692 = %Rural-L
693 = %Rural-M
694 = %Rural-L
695 = %Rural-M
696 = %Rural-L
697 = %Rural-M
698 = %Rural-L
699 = %Rural-M
700 = %Rural-L
701 = %Rural-M
702 = %Rural-L
703 = %Rural-M
704 = %Rural-L
705 = %Rural-M
706 = %Rural-L
707 = %Rural-M
708 = %Rural-L
709 = %Rural-M
710 = %Rural-L
711 = %Rural-M
712 = %Rural-L
713 = %Rural-M
714 = %Rural-L
715 = %Rural-M
716 = %Rural-L
717 = %Rural-M
718 = %Rural-L
719 = %Rural-M
720 = %Rural-L
721 = %Rural-M
722 = %Rural-L
723 = %Rural-M
724 = %Rural-L
725 = %Rural-M
726 = %Rural-L
727 = %Rural-M
728 = %Rural-L
729 = %Rural-M
730 = %Rural-L
731 = %Rural-M
732 = %Rural-L
733 = %Rural-M
734 = %Rural-L
735 = %Rural-M
736 = %Rural-L
737 = %Rural-M
738 = %Rural-L
739 = %Rural-M
740 = %Rural-L
741 = %Rural-M
742 = %Rural-L
743 = %Rural-M
744 = %Rural-L
745 = %Rural-M
746 = %Rural-L
747 = %Rural-M
748 = %Rural-L
749 = %Rural-M
750 = %Rural-L
751 = %Rural-M
752 = %Rural-L
753 = %Rural-M
754 = %Rural-L
755 = %Rural-M
756 = %Rural-L
757 = %Rural-M
758 = %Rural-L
759 = %Rural-M
760 = %Rural-L
761 = %Rural-M
762 = %Rural-L
763 = %Rural-M
764 = %Rural-L
765 = %Rural-M
766 = %Rural-L
767 = %Rural-M
768 = %Rural-L
769 = %Rural-M
770 = %Rural-L
771 = %Rural-M
772 = %Rural-L
773 = %Rural-M
774 = %Rural-L
775 = %Rural-M
776 = %Rural-L
777 = %Rural-M
778 = %Rural-L
779 = %Rural-M
780 = %Rural-L
781 = %Rural-M
782 = %Rural-L
783 = %Rural-M
784 = %Rural-L
785 = %Rural-M
786 = %Rural-L
787 = %Rural-M
788 = %Rural-L
789 = %Rural-M
790 = %Rural-L
791 = %Rural-M
792 = %Rural-L
793 = %Rural-M
794 = %Rural-L
795 = %Rural-M
796 = %Rural-L
797 = %Rural-M
798 = %Rural-L
799 = %Rural-M
800 = %Rural-L
801 = %Rural-M
802 = %Rural-L
803 = %Rural-M
804 = %Rural-L
805 = %Rural-M
806 = %Rural-L
807 = %Rural-M
808 = %Rural-L
809 = %Rural-M
810 = %Rural-L
811 = %Rural-M
812 = %Rural-L
813 = %Rural-M
814 = %Rural-L
815 = %Rural-M
816 = %Rural-L
817 = %Rural-M
818 = %Rural-L
819 = %Rural-M
820 = %Rural-L
821 = %Rural-M
822 = %Rural-L
823 = %Rural-M
824 = %Rural-L
825 = %Rural-M
826 = %Rural-L
827 = %Rural-M
828 = %Rural-L
829 = %Rural-M
830 = %Rural-L
831 = %Rural-M
832 = %Rural-L
833 = %Rural-M
834 = %Rural-L
835 = %Rural-M
836 = %Rural-L
837 = %Rural-M
838 = %Rural-L
839 = %Rural-M
840 = %Rural-L
841 = %Rural-M
842 = %Rural-L
843 = %Rural-M
844 = %Rural-L
845 = %Rural-M
846 = %Rural-L
847 = %Rural-M
848 = %Rural-L
849 = %Rural-M
850 = %Rural-L
851 = %Rural-M
852 = %Rural-L
853 = %Rural-M
854 = %Rural-L
855 = %Rural-M
856 = %Rural-L
857 = %Rural-M
858 = %Rural-L
859 = %Rural-M
860 = %Rural-L
861 = %Rural-M
862 = %Rural-L
863 = %Rural-M
864 = %Rural-L
865 = %Rural-M
866 = %Rural-L
867 = %Rural-M
868 = %Rural-L
869 = %Rural-M
870 = %Rural-L
871 = %Rural-M
872 = %Rural-L
873 = %Rural-M
874 = %Rural-L
875 = %Rural-M
876 = %Rural-L
877 = %Rural-M
878 = %Rural-L
879 = %Rural-M
880 = %Rural-L
881 = %Rural-M
882 = %Rural-L
883 = %Rural-M
884 = %Rural-L
885 = %Rural-M
886 = %Rural-L
887 = %Rural-M
888 = %Rural-L
889 = %Rural-M
890 = %Rural-L
891 = %Rural-M
892 = %Rural-L
893 = %Rural-M
894 = %Rural-L
895 = %Rural-M
896 = %Rural-L
897 = %Rural-M
898 = %Rural-L
899 = %Rural-M
900 = %Rural-L
901 = %Rural-M
902 = %Rural-L
903 = %Rural-M
904 = %Rural-L
905 = %Rural-M
906 = %Rural-L
907 = %Rural-M
908 = %Rural-L
909 = %Rural-M
910 = %Rural-L
911 = %Rural-M
912 = %Rural-L
913 = %Rural-M
914 = %Rural-L
915 = %Rural-M
916 = %Rural-L
917 = %Rural-M
918 = %Rural-L
919 = %Rural-M
920 = %Rural-L
921 = %Rural-M
922 = %Rural-L
923 = %Rural-M
924 = %Rural-L
925 = %Rural-M
926 = %Rural-L
927 = %Rural-M
928 = %Rural-L
929 = %Rural-M
930 = %Rural-L
931 = %Rural-M
932 = %Rural-L
933 = %Rural-M
934 = %Rural-L
935 = %Rural-M
936 = %Rural-L
937 = %Rural-M
938 = %Rural-L
939 = %Rural-M
940 = %Rural-L
941 = %Rural-M
942 = %Rural-L
943 = %Rural-M
944 = %Rural-L
945 = %Rural-M
946 = %Rural-L
947 = %Rural-M
948 = %Rural-L
949 = %Rural-M
950 = %Rural-L
951 = %Rural-M
952 = %Rural-L
953 = %Rural-M
954 = %Rural-L
955 = %Rural-M
956 = %Rural-L
957 = %Rural-M
958 = %Rural-L
959 = %Rural-M
960 = %Rural-L
961 = %Rural-M
962 = %Rural-L
963 = %Rural-M
964 = %Rural-L
965 = %Rural-M
966 = %Rural-L
967 = %Rural-M
968 = %Rural-L
969 = %Rural-M
970 = %Rural-L
971 = %Rural-M
972 = %Rural-L
973 = %Rural-M
974 = %Rural-L
975 = %Rural-M
976 = %Rural-L
977 = %Rural-M
978 = %Rural-L
979 = %Rural-M
980 = %Rural-L
981 = %Rural-M
982 = %Rural-L
983 = %Rural-M
984 = %Rural-L
985 = %Rural-M
986 = %Rural-L
987 = %Rural-M
988 = %Rural-L
989 = %Rural-M
990 = %Rural-L
991 = %Rural-M
992 = %Rural-L
993 = %Rural-M
994 = %Rural-L
995 = %Rural-M
996 = %Rural-L
997 = %Rural-M
998 = %Rural-L
999 = %Rural-M
1000 = %Rural-L

```

Gambar 1. Source code pada MATLAB

3. Simulasi

Pada bagian ini data-data yang sudah didapatkan akan disimulasikan melalui MATLAB dengan hasil keluaran berupa grafik perbandingan yang telah dikelola oleh program. Perbandingan yang didapatkan akan dibandingkan berdasarkan jenis daerah Urban dan Sub-Urban dengan variasi nilai jarak seperti pada tabel 2 serta frekuensi pembawa, tinggi BTS, dan tinggi MS yang berbeda juga.

Kombinasi nilai frekuensi pembawa dan jarak yang digunakan dalam percobaan kali ini yakni seperti tabel di bawah ini.

TABEL III
KOMBINASI DATA PERCOBAAN YANG DILAKUKAN

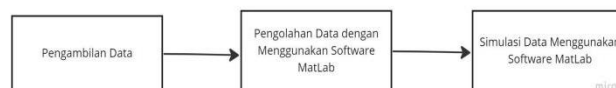
Percobaan	Jarak (m)	Frekuensi pembawa (MHz)	Tinggi BTS (m)	Tinggi MS (m)
1	100-1000	800	30	1,5
2	100-1000	900	30	1,5

3	100-1000	800	40	1,5
4	100-1000	900	40	1,5
5	100-1000	800	30	1,8
6	100-1000	900	30	1,8
7	100-1000	800	40	1,8
8	100-1000	900	40	1,8

B. Perancangan Simulasi

1. Blok Diagram

Proses penelitian ini dapat dilihat pada blok diagram yang ada pada gambar di bawah. Blok diagram merupakan penjelasan langkah aturan di dalam proses analisis bahwa perlu dilakukan pendefinisian sebelumnya kepada sistem yang akan dirancang artinya bahwa harus ada deskripsi atau gambaran yang jelas terkait ruang lingkup pembahasan, yang mana sebagai medianya berupa blok diagram.



Gambar. 2. Blok Diagram Sistem.

2. Flowcharts



Gambar. 3. Flowchart Sistem

Alur kerja yang bisa dijelaskan atau dideskripsikan untuk menjelaskan keseluruhan rangkaian proses penelitian :

1. Mencari referensi dari kajian pustaka.
2. mengumpulkan data-data melalui beberapa jurnal yang telah diteliti dan dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya.
3. Pembuatan program pengelola model dengan menggunakan *software* MatLab.
4. Mensimulasikan data-data yang ada pada MatLab dengan menggunakan rumus Okumura-Hata.
5. Menganalisis hasil perbandingan dari link budget berdasarkan grafik yang telah dihasilkan

C. Tinjauan Pustaka

1. Link Budget

Link budget merupakan suatu cara untuk menentukan parameter dan konfigurasi yang ideal untuk mendapatkan kinerja terbaik dalam suatu link transmisi dari transmitter (Tx) sampai Receiver (Rx). Perhitungan link budget digunakan untuk memperkirakan maksimum redaman yang diperbolehkan antara perangkat UE terhadap eNodeB. Rumus untuk menghitung redaman atau loss suatu jaringan menggunakan persamaan berikut [7] :

$$\alpha_{\tau} = L \cdot \alpha_{\text{serat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p$$

Keterangan :

α_{τ} = Redaman (loss) Total (dB)

L = Panjang serat optik (Km)

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{serat}} &= \text{Konstanta redaman serat optik} \left(\frac{\text{dB}}{\text{Km}} \right) N_c \\ &= \text{Jumlah konektor} \alpha_c \\ &= \text{Konstanta redaman konektor (dB)} \end{aligned}$$

N_s = Jumlah sambungan

α_s = Konstanta redaman sambungan (dB) S_p
= Redaman splitter (dB)

2. Path Loss

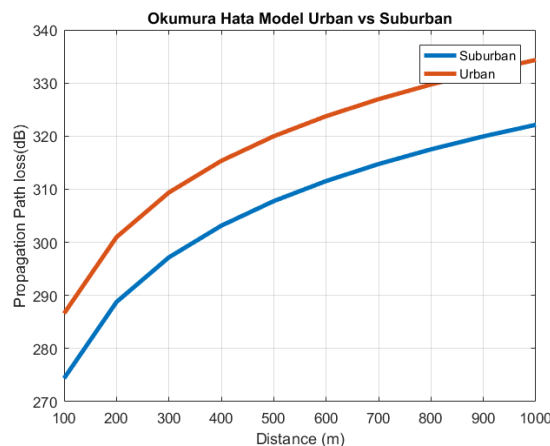
Path loss adalah suatu redaman atau daya yang hilang ketika terjadi pentransmisian sinyal dari pengirim ke penerima [8]. Ketika kondisi *Line of Sight* (LOSS), parameter yang mempengaruhi besarnya path loss pada ruang bebas yaitu frekuensi dan jarak antara pengirim dan penerima. Untuk kondisi yang N-LOS (Non-Line of Sight), parameter lain yang mempengaruhi besarnya path loss yaitu tinggi antenna pemancar, tinggi antenna penerima serta karakteristik wilayah. Model path loss statistik digunakan untuk memperkirakan kehilangan daya yang hilang dalam pengiriman gelombang radio dalam satuan dB. Prediksi perhitungan pada kondisi LOS maupun medan dan lingkungan non-LOS dan pada umumnya menggunakan parameter lebih banyak dan lebih detail tergantung pada pemodelan yang digunakan.

3. Model Propagasi Okumura-Hata

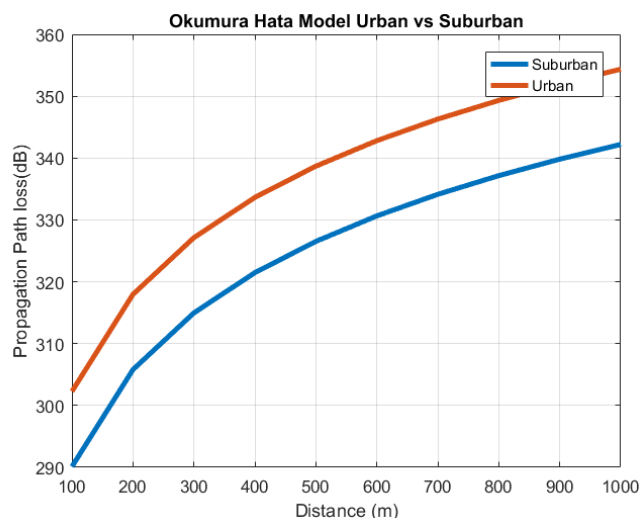
Model propagasi Okumura-Hatta merupakan salah satu model propagasi yang paling umum untuk memprediksi loss sinyal dalam lingkungan sel makro. Model Okumura-Hatta didasarkan pada pengukuran di daerah perkotaan dan pinggiran kota.

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

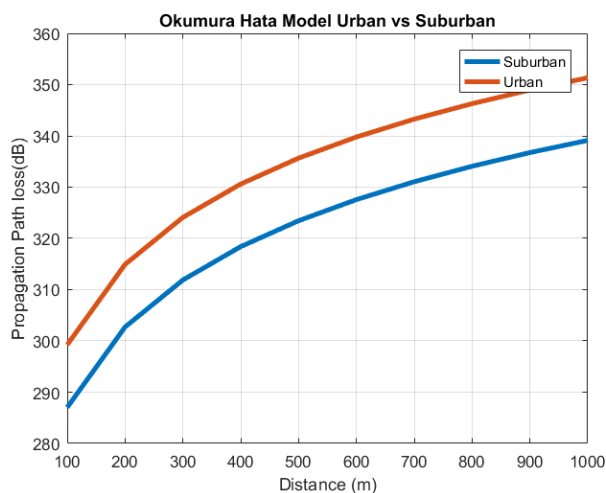
Berdasarkan data yang telah dikelola oleh program MATLAB menggunakan rumus dari model Okumura Hata didapatkan hasil nilai seperti pada grafik yang ditampilkan pada gambar-gambar di bawah ini.



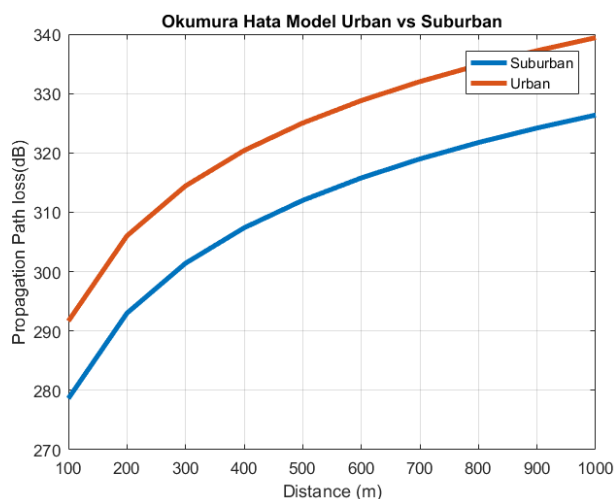
Gambar 4. Grafik nilai hasil percobaan 1



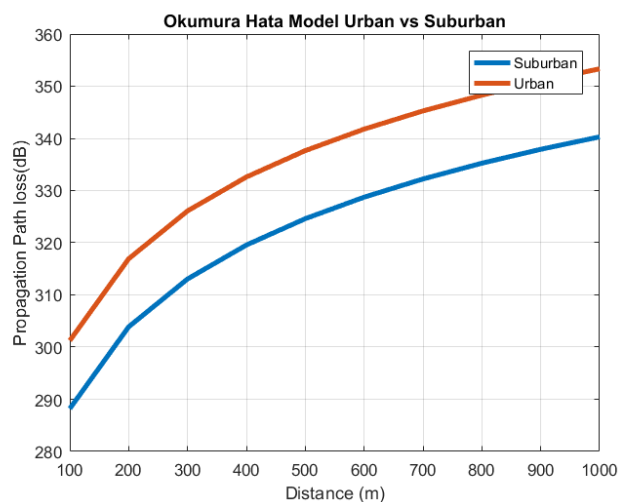
Gambar 5. Grafik nilai hasil percobaan 2



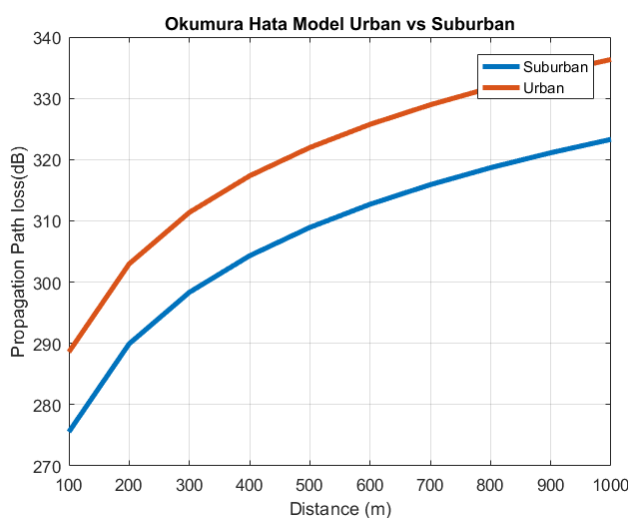
Gambar 6. Grafik nilai hasil percobaan 3



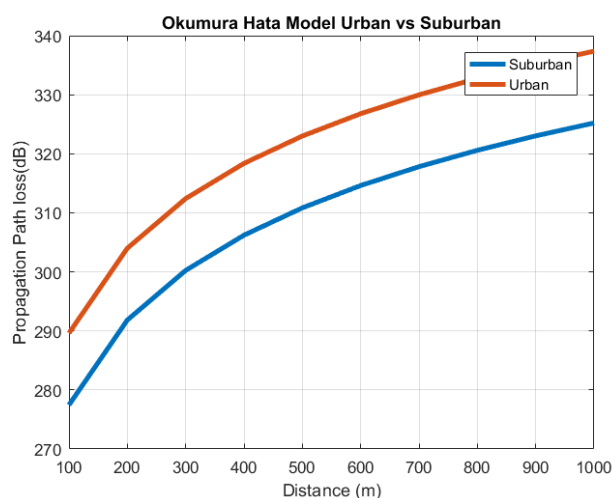
Gambar 7. Grafik nilai hasil percobaan 4



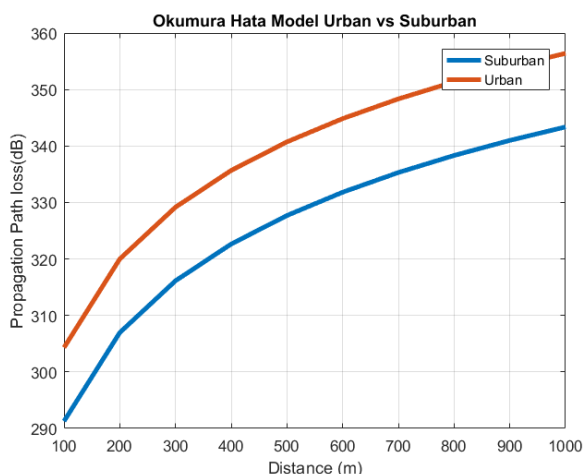
Gambar 10. Grafik nilai hasil percobaan 7



Gambar 8. Grafik nilai hasil percobaan 5



Gambar 11. Grafik nilai hasil percobaan 8



Gambar 9. Grafik nilai hasil percobaan 6

Berdasarkan gambar-gambar hasil percobaan menggunakan MATLAB di atas, terlihat bahwa grafik tersebut menampilkan garis ke atas secara berkala. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar *distance* atau jarak MS (*mobile station*) dengan BTS (*Base Transceiver Station*), maka semakin besar juga *path loss* yang dialami. Besar frekuensi pembawa, tinggi BTS, serta tinggi MS juga mempengaruhi titik awal terjadinya *path loss* tersebut. Semakin besar nilai dari frekuensi pembawa, maka akan semakin besar juga *path loss* yang terjadi. Hal ini berbanding terbalik dengan tinggi BTS dan tinggi MS. Semakin tinggi BTS dan MS, maka titik awal *path loss* akan menjadi sedikit rendah. Hal ini dibuktikan dengan adanya pengecilan nilai dari titik awal nilai *path loss* ketika tinggi BTS ataupun tinggi MS menjadi semakin besar. Titik awal terjadinya *path loss* akan semakin mengecil jika tinggi BTS atau tinggi MS lebih tinggi.

V.KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :
Pada tabel 2. Level daya terima pada masing-masing cluster tersebut dapat dibuktikan kebenarannya yaitu level daya terima MS semakin mengecil jika jarak antara MS dengan BTS memiliki nilai yang besar. Hal ini dibuktikan dengan grafik yang ditampilkan pada percobaan di penelitian ini. Hal ini berbanding terbalik dengan tinggi BTS dan tinggi MS.

Semakin tinggi BTS dan MS, maka titik awal path loss akan menjadi sedikit rendah

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada tuhan yang maha esa Allah subhanahu wa ta'ala karena atas berkat dan rahmatnya penelitian ini dapat berjalan dengan lancar, orang tua yang selalu memberi dukungan, dan terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan dan bimbingannya dalam penelitian ini serta rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang yang telah membantu proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. F. Oseni, S. I. Popoola, R. O. Abolade, and O. A. Adegbola, —Comparative Analysis of Received Signal Strength Prediction Models for Radio Network Planning of GSM 900 MHz in Ilorin, Nigeria,| Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng., no. 3
- [2] Z. Nadir and M. I. Ahmad, —Pathloss determination using Okumura-Hata model and cubic regression for missing data for Oman,| in Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010, IMECS 2010, 2010, vol. II, no. 1, pp. 804–807.
- [3] K. O. Kadiri and O. A. Somoye, —Computer Simulation of Path Loss Characterization of a Wireless Propagation Model in Kwara State , Nigeria,| Int. J. Comput. Inf. Technol., vol. 3, no. 3, pp. 610–615, 2014
- [4] A. Permana, F. Imansyah, dan N. T. Mooniarsih, “ANALISIS MAKSIMUM PATHLOSS POWER LINK BUDGET PADA SISTEM JARINGAN CDMA2000 1x,” hlm. 1–8.
- [5] M. P. Aprilia Simarmata, S. Soim, dan M. Fadhli, “Analisa Perbandingan Model W.C.Y. Lee dan Model PCS Extension to Hata pada Perhitungan Link Budget Komunikasi Selular Daerah Urban,” *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019*, hlm. 197–202, Feb 2019.
- [6] S. Nindito, N. A. Siswandari, dan O. Puspitorini, “Analisa Pathloss Exponent Pada Daerah Urban dan Suburban,” hlm. 1–5, 2011.
- [7] R. R. Syahputra, M. Bagaswara, dan D. B. Santoso, “Analisis Redaman (Loss) rata-rata pada jaringan FTTH di BTR blok O Bekasi” hlm1-6, 2021.
- [8] B. Alfaresi, T. Barlian, F. Ardianto, and M. Hurairah, —Path Loss Propagation Evaluation and Modelling based ECC-Model in Lowland Area on 1800 MHz Frequency,| J. Robot. Control, vol. 1, no. 5, pp. 167–172, 2020, doi: 10.18196/jrc.1534
- [9] D. Singh dan Dimple, “PROPAGATION PATH LOSS IN URBAN AND SUBURBAN AREA,” *International Journal Of Advance Research In Science And Engineering IJARSE*, vol. 2, no. 3, Mar 2013.
- [10] S. Cheerla, K. Sindhuja, Ch. I. Kiran, dan D. A. Venkatesh, “Analysis of Different Path Loss Models in Urban Suburban and Rural Environment,” vol. 8, no. 7, Jul 2020, doi: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/14872020>.
- [11] A. L. Olutimo, E. H. Johnson, dan A. J. Ekanem, “Development Of Analytical Model For Determination Of Degree Of Urbanisation Parameter Settings Of CCIR Model Based On Hata Model,” *Development*, vol. 6, no. 4, 2022, [Daring]. Tersedia pada: https://www.researchgate.net/profile/Akpasam-Ekanem/publication/364345032_Development_Of_Analytical_Model_For_Determination_Of_Degree_Of_Urbanisation_Parameter_Settings_Of_CCIR_Model_Based_On_Hata_Model/links/634d39949cb4fe44f3308000/Development-Of-Analytical-Model-For-Determination-Of-Degree-Of-Urbanisation-Parameter-Settings-Of-CCIR-Model-Based-On-Hata-Model.pdf
- [12] M. I. Nashiruddin, P. Rahmawati, dan M. A. Nugraha, “Network Planning Analysis of 5G Millimeter-Wave Deployment in Indonesia’s Dense Urban Area,” dalam 2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), 2021, hlm. 887–893. doi: [10.1109/UEMCON53757.2021.9666724](https://doi.org/10.1109/UEMCON53757.2021.9666724).
- [13] M. I. Nashiruddin, M. T. B. Sihotang, dan M. A. Nugraha, “Random Phase Multiple Access Network Planning for Smart City Deployment in Urban Area,” dalam 2021 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET), 2021, hlm. 232–237. doi: [10.1109/ICRAMET53537.2021.9650348](https://doi.org/10.1109/ICRAMET53537.2021.9650348).
- [14] P. Rahmawati, M. I. Nashiruddin, dan M. A. Nugraha, “Simulation of 700 MHz Spectrum Deployment in Indonesia’s Urban Area for 5G New Radio Network,” dalam 2022 10th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 2022, hlm. 293–298. doi: [10.1109/ICoICT55009.2022.9914873](https://doi.org/10.1109/ICoICT55009.2022.9914873).