

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian pada sebuah sistem adalah untuk melihat keberhasilan sistem menjalankan fungsinya dan mengetahui tingkat reliabilitas dari sistem ketika memproses masukan. Pengujian sistem *load balancing* pada *web server* ini terdiri dari dua pengujian yaitu, pengujian terhadap kinerja dan pengujian reliabilitas sistem sesuai parameter-parameter yang ditentukan.

5.1 Pengujian Performansi *Web Server*

Pengujian performansi *web server* dilakukan setelah seluruh konfigurasi berjalan dengan benar. Pengujian sebuah *server* dilakukan pada *server 2* dengan alamat IP 172.20.3.5 sedangkan pada pengujian *load balance* menggunakan alamat IP 172.20.3.2, *client* berada pada satu jaringan dengan alamat IP 172.20.3.3 sehingga *delay* transmisi yang terjadi dapat diminimalkan. Tujuan pengujian sebuah *web server* adalah untuk memperoleh data jumlah *request* maksimal yang dapat dilayani *web server*, penggunaan daya listrik pada keadaan awal, dan parameter performansi.

5.2.1 Jumlah Permintaan Maksimal Setiap Detik

Web server Apache mendistribusikan setiap permintaan yang masuk ke beberapa *child process* yang sedang tidak melayani permintaan. Konsumsi memori pada setiap anak proses *httpd (Use)* adalah selisih penggunaan memori *child process* dengan penggunaan memori pada *parent process* [7]. Tabel 5.1 menunjukkan kebutuhan memori oleh *httpd* :

Tabel 5.1 : Penggunaan memori setiap proses *httpd*

Proses	PID	PPID	M (Kb)	Use (Kb)
<i>httpd (parent)</i>	17565	0	21008	0
<i>httpd (child)</i>	17567	17565	30212	9204
<i>httpd (child)</i>	17568	17565	30220	9212
<i>httpd (child)</i>	17569	17565	21144	136
<i>httpd (child)</i>	17570	17565	30204	9196
<i>httpd (child)</i>	17571	17565	30224	9216
<i>httpd (child)</i>	17572	17565	30204	9196
<i>httpd (child)</i>	17573	17565	30220	9212
<i>httpd (child)</i>	17574	17565	30196	9188
Total penggunaan memori pada proses <i>httpd</i> yang aktif				64424
rata-rata penggunaan memori pada proses <i>child httpd</i>				9203.429

Sumber : Pengujian



Dimana :

- Proses : nama proses yang berjalan
- PID/PPID : Proses ID / Parent proses ID (nomer identitas proses)
- M : Total memori yang digunakan oleh sebuah proses
- Use : Kebutuhan memori murni sebuah proses ($M - Mem_{parent}$)

Jumlah *client* maksimal yang dapat dilayani *server* ($maxClients$) dihitung melalui jumlah memory yang tersedia pada server dibagi jumlah penggunaan memori setiap *child process* httpd (Persamaan 2-4)

Tabel 5. 2 : Penggunaan memori pada *server*

Penggunaan	Memori (kb)
Total memori pada <i>server</i>	2065452
Memori untuk OS, mysqld, httpd, dan lain-lain	151276
Alokasi memori untuk mysqld	137332
Sisa memori untuk httpd	1776844
Rata-rata kebutuhan memori untuk httpd	9203

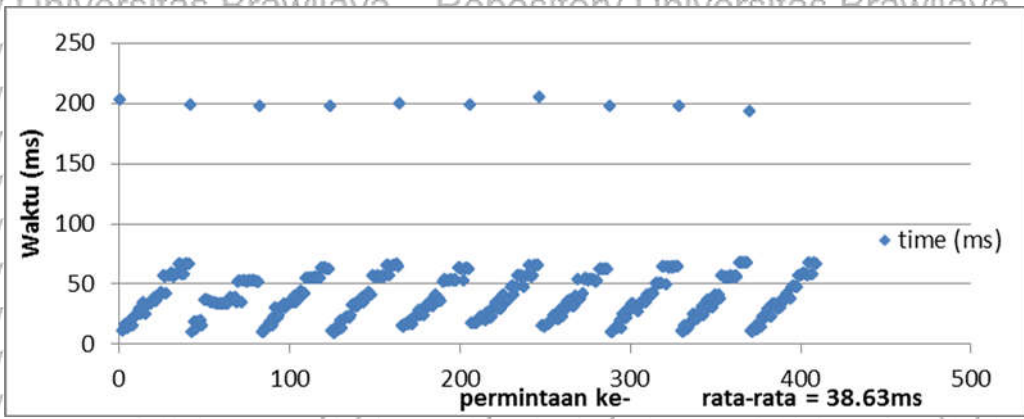
Sumber : Pengujian

Sesuai data pada tabel 5.2 konfigurasi $maxClients$ pada *web server* dapat diperoleh sesuai dengan persamaan (2-4) sebesar:

$$max = \frac{free}{use}$$

$$max = \frac{1776844 \text{ kb}}{9203 \text{ kb}} = 193 \text{ clients}$$

Dalam pengujian menggunakan CMS Joomla setiap satu permintaan halaman “home” (“GET / HTTP/1.0”) membutuhkan 41 kali *request* yang berisi file html, css, js, dan img. Dalam pengujian sebanyak 10 kali *request* halaman “home” secara sekuensial sehingga terjadi 410 kali permintaan, diperoleh data pada gambar 5.1



Gambar 5.1 : Grafik sebaran waktu respon terhadap 410 kali permintaan sekuensial
Sumber : Pengujian



Pada Grafik 5.2 terdapat beberapa permintaan berupa `index.php` mendapat respon sekitar 200ms karena didalam file `index.php` terdapat `script PHP` dan `sql query` yang diproses `server` sebelum dikirimkan kepada `client`. Rata-rata waktu respon adalah 38,63ms. Dengan mengabaikan waktu transmisi, Jumlah `client` yang dapat ditangani persatuan waktu sesuai persamaan (2-6)

$$\text{req/s} = \frac{\text{max clients}}{T_s}$$

$$\text{req/s} = \frac{193 \text{ client}}{38,63 \text{ ms}}$$

$$= 4000 \text{ clients/s}$$

Permintaan yang terkirim `user` ketika membuka sebuah halaman `website Joomla` adalah 41 permintaan oleh 100 `user` akan tercipta 4100 kali permintaan secara hampir bersamaan yang dikirim ke `server`.

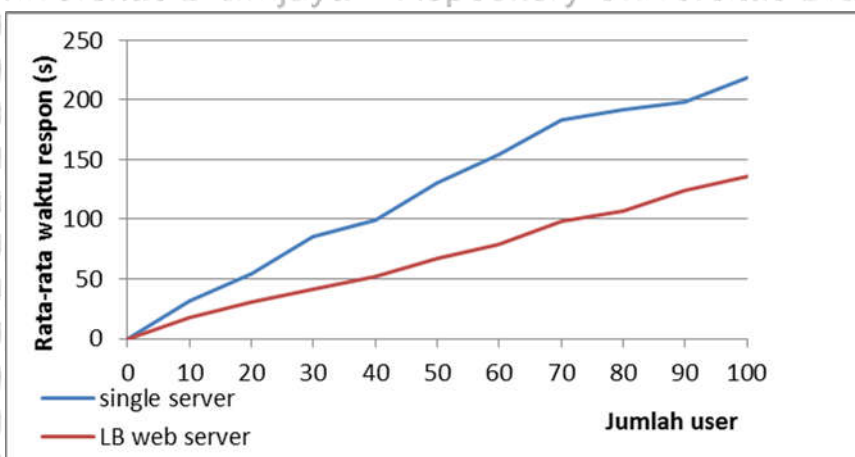
5.2.2 Waktu Respon

Pengujian waktu respon yang dimaksud adalah pengambilan data berupa rata-rata waktu yang dibutuhkan server dalam melayani sebuah permintaan, baik berupa `file text` maupun gambar 5.2.

Tabel 5. 3 : Pengujian perbandingan waktu respon

client/detik	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
single server	0	32	54	86	100	131	154	184	192	198	219
LB web server	0	18	31	41	53	67	79	98	107	124	136

Sumber : Pengujian



Gambar 5.2 : Grafik perbandingan waktu respon sebuah `web server` dengan dua `web server`
 Sumber : Pengujian



Pada gambar 5.2 tampak grafik perbandingan waktu respon antara sistem *web server* yang menggunakan sebuah perangkat *server* dan yang menggunakan dua buah perangkat *server* yang menggunakan *load balancing* sebagai pendistribusi permintaan dari *client*. Pada grafik dapat disimpulkan bahwa dua *server* bekerja lebih baik dibandingkan sebuah *server* berdasarkan waktu respon terhadap permintaan halaman yang dikirim oleh *client*.

5.2.3 *Troughput*

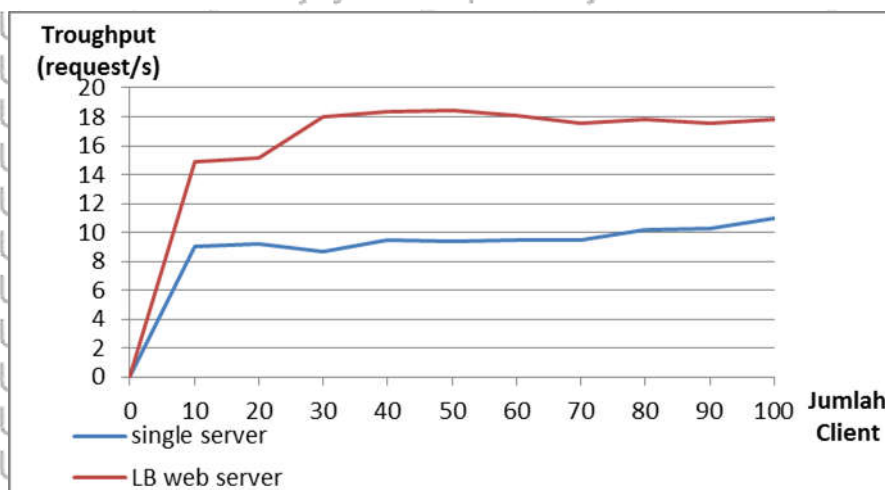
Pengujian *troughput* dilakukan dengan mengirimkan beberapa permintaan dengan jumlah sama secara seretak dan simultan, sehingga didapatkan data berupa jumlah permintaan yang dapat dilayani setiap detikanya [10].

Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan berupa pengiriman permintaan oleh 10 sampai dengan 100 *user/client* diulang sebanyak 20 kali, dimana setiap *user* akan melakukan 41 kali permintaan untuk mendapatkan sebuah halaman *website*. Total permintaan yang diterima *server* pada percobaan dengan 10 *user* adalah 8400 permintaan.

Tabel 5.4 : Pengujian perbandingan *troughput*

<i>client/detik</i>	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<i>single Server</i>	0.0	9.1	9.2	8.7	9.5	9.4	9.4	9.4	10.2	10.3	11.0
<i>LB web server</i>	0.0	14.9	15.2	18.0	18.4	18.5	18.1	17.5	17.8	17.6	17.8

Sumber : Pengujian



Gambar 5.3 : Grafik perbandingan *troughput* antara sebuah *web server* dengan dua *web server*

Sumber : Pengujian



Pada gambar 5.3 terlihat grafik perbandingan *throughput* antara sistem *web server* yang menggunakan sebuah perangkat *server* dan yang menggunakan dua buah perangkat *server* yang menggunakan *load balancing*.

Pada grafik dapat disimpulkan bahwa dua *server* bekerja lebih baik dibandingkan sebuah *server* berdasarkan waktu respon terhadap permintaan halaman yang dikirim oleh *client*.

5.2.4 Error

Pengujian *error* dilakukan untuk mengetahui kemampuan *web server* melayani permintaan dalam jumlah besar, ketidakmampuan *server* dalam melayani permintaan dapat dilihat dengan munculnya *error* pada saat dilakukan pengujian. Dalam pengujian dibatasi bahwa *web server* harus selalu memberikan respon kepada *client*. Jumlah *user* maksimal yang dapat ditangani *server* secara optimal adalah jumlah *user* yang dapat dilayani *server* tanpa adanya *error*.

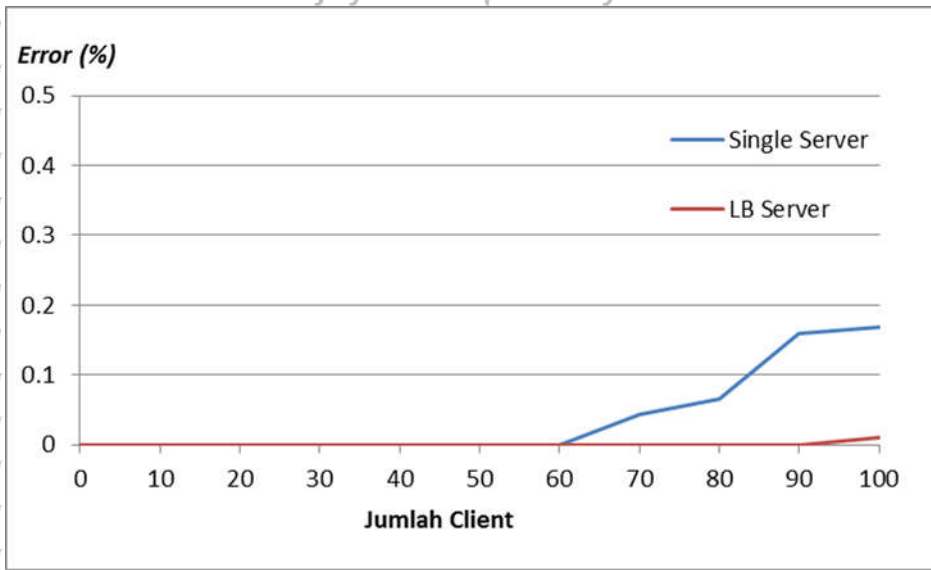
Hasil pengujian *error* yang dilakukan sebanyak 3 kali percobaan ditampilkan pada tabel 5.5 :

Tabel 5.5 : Pengujian perbandingan error

Jumlah Client	Single Server				LB server			
	1	2	3	avg	1	2	3	avg
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0.1	0.029	0	0.04	0	0	0	0
80	0	0.1	0.1	0.07	0	0	0	0
90	0.1	0.2	0.177	0.16	0	0	0	0
100	0.11	0.133	0.164	0.17	0.015	0	0	0.01

Sumber : Pengujian

Dengan mengambil rata-rata *error* pada saat pengujian perbandingan antara kedua sistem dapat ditampilkan pada grafik 5.4 berikut :



Gambar 5.4 : Grafik perbandingan *error* antara sebuah *web server* dengan dua *web server*
Sumber : Pengujian

Pada gambar 5.3 terlihat grafik perbandingan *error* antara sistem *web server* yang menggunakan sebuah perangkat *server* dan yang menggunakan dua buah perangkat *server* yang menggunakan *load balancing*.

Pada grafik dapat disimpulkan bahwa *error* pada sebuah *web server* terjadi pada jumlah *client* diatas 70. Sementara pada *load balancing web server* terjadi pada saat jumlah *client* 100.

Berdasarkan pengujian waktu respon, *throughput*, dan *error* terlihat bahwa kemampuan kerja dua *web server* yang menggunakan *load balancer* sebagai pembagi beban lebih baik dibandingkan kerja sebuah *web server* saja.

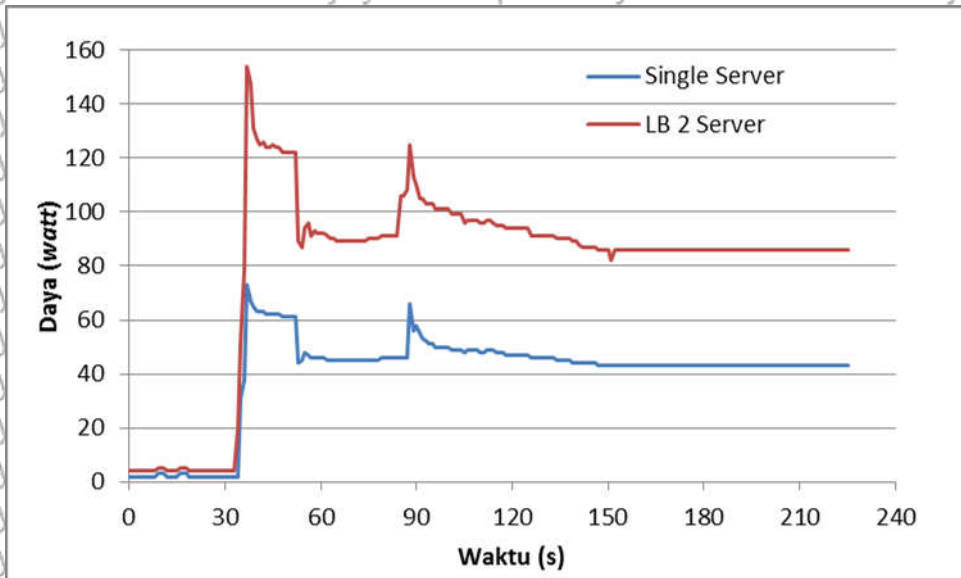
5.2 Penggunaan Energi Listrik

Pengujian penggunaan dilakukan untuk mengetahui konsumsi energi listrik oleh *server* baik pada sebuah *server* maupun *load balancing server* menggunakan dua buah *server*. Energi listrik yang dibutuhkan sebuah *server* berupa perkalian daya terhadap waktu dalam satuan *watt hour* (Wh) yang direkam menggunakan alat ukur Fluke43B berfungsi sebagai *wattmeter*. Pengukuran dilakukan pada saat sistem *web server* dalam keadaan *idle* dan pada saat menerima permintaan sehingga diperoleh kebutuhan energi listrik untuk setiap permintaan.



5.2.1 Dalam Keadaan *Idle*

Kebutuhan energi listrik pada sebuah *web server* pada saat dinyalakan akan berubah terhadap waktu seperti ditunjukkan pada tabel 5.3



Gambar 5.5 : Grafik penggunaan daya listrik dalam watt

Sumber : Pengujian

Pada gambar 5.5 terlihat peningkatan penggunaan daya listrik pada saat proses *booting* (proses awal menyalakan) sebuah *server* dan dua *server* menggunakan *load balancing* selama 2 menit sampai keduanya menunjukkan keadaan normal pada detik ke 140.

Konsumsi daya listrik sebuah *server* dalam keadaan tidak menerima permintaan / *request* adalah 42 watt. Sementara pada dua buah *web server* adalah 86 watt. Besar energi listrik yang digunakan untuk menghidupkan sebuah *server* dalam satu hari adalah $42\text{W} \times 24\text{jam} = 1008\text{ Wh (watt hour)}$ atau 1,008 kWh.

Tabel 5. 6 : Penggunaan energi listrik dalam keadaan *server idle*.

Sistem <i>web server</i>	P saat <i>idle</i>	Energi listrik	Selama 24 jam
Single <i>web server</i>	42 watt	42 Wh	1,008 kWh
LB 2 <i>web server</i>	86 watt	86 Wh	2,064 kWh
Selisih	44 watt	44 Wh	1,056 kWh

Sumber : Pengujian

5.2.2 Pada Saat Menerima Sejumlah Permintaan Halaman *Web*

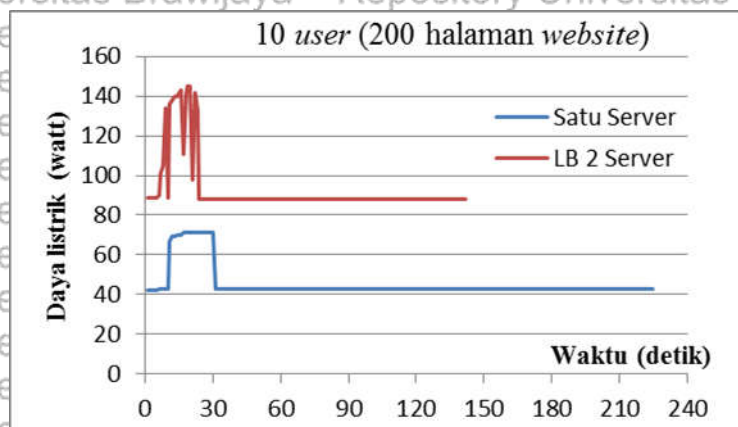


Peningkatan permintaan halaman *website* yang harus dilayani *server* berakibat pada peningkatan penggunaan CPU pada *server*. Pada pengujian *n user* secara serentak melakukan permintaan ke *server* sebanyak 20 kali dengan jeda 1 detik. Setelah dilakukan pengujian diperoleh dua data yaitu waktu dan energi listrik yang dibutuhkan untuk melayani sejumlah permintaan yang diujikan.

Beban kerja berupa permintaan halaman *website* Joomla dimana terdapat 41 *file* yang harus diunduh, sedangkan kebutuhan energi listrik merupakan peningkatan daya listrik selama *server* sedang melayani banyak permintaan. Skenario pengujian untuk mengetahui waktu dan energi listrik yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Jumlah *user* : 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 *user*
- Jumlah halaman yang di akses : 20 halaman secara sekuensial
- Jumlah file setiap halaman : 41 file
- Jeda waktu : 1 detik

Grafik hasil pengujian pada saat jumlah *client* 10 (*server* menerima 200 permintaan halaman *website*) ditampilkan pada gambar 5.6.

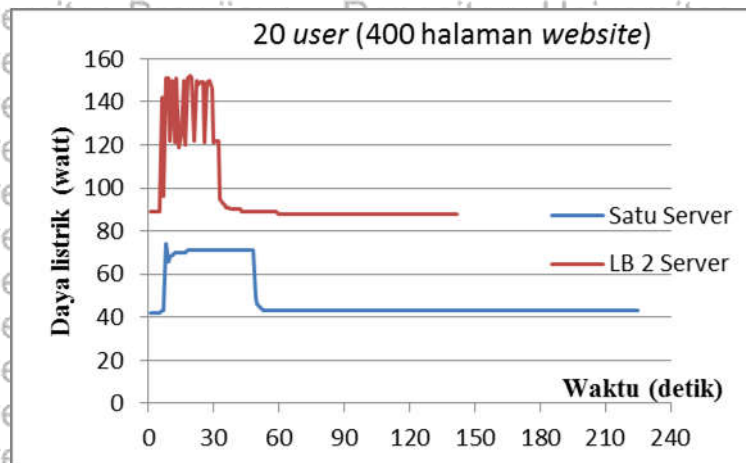


Gambar 5. 6 : Perbandingan peningkatan konsumsi energi listrik dalam *watt's* pada pengujian beban 10 pengguna sebanyak 20 kali

Sumber : Pengujian

Pada pengujian waktu yang dibutuhkan *server* untuk menyelesaikan 200 permintaan halaman *website* yang dilakukan oleh 10 *client* selama 25 detik pada sebuah *web server* dan 18 detik oleh 2 buah *web server* yang menggunakan *load balancing*.

Grafik hasil pengujian pada saat jumlah *client* 20 (*server* menerima 400 permintaan halaman *website*) ditampilkan pada gambar 5.7.

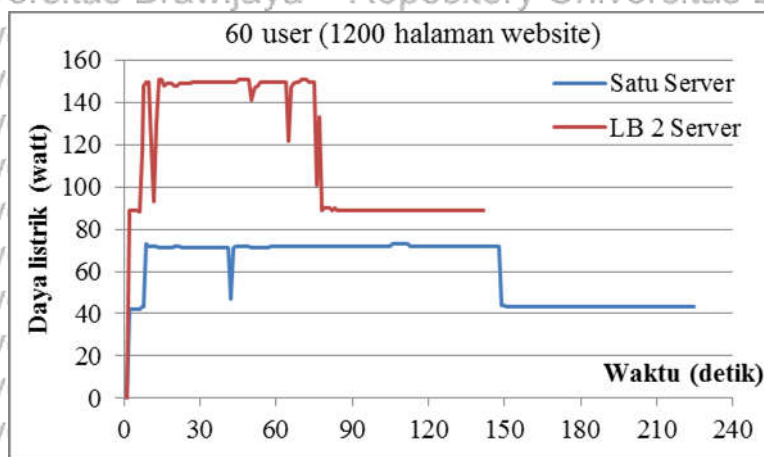


Gambar 5.7: Perbandingan peningkatan konsumsi energi listrik dalam watt/s pada pengujian beban 20 pengguna sebanyak 20 kali

Sumber : Pengujian

Pada pengujian waktu yang dibutuhkan *server* untuk menyelesaikan 200 permintaan halaman *website* yang dilakukan oleh 10 *client* selama 47 detik pada sebuah *web server* dan 37 detik oleh 2 buah *web server* yang menggunakan *load balancing*.

Grafik hasil pengujian pada saat jumlah *client* 60 (*server* menerima 1200 permintaan halaman *website*) ditampilkan pada gambar 5.8.



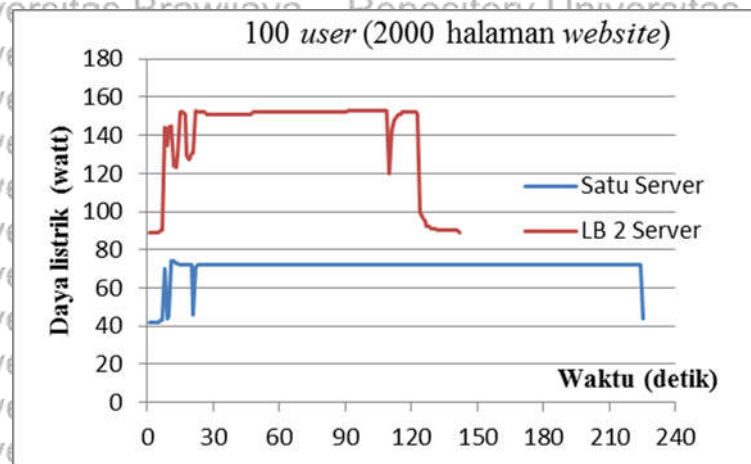
Gambar 5.8 : Perbandingan peningkatan konsumsi energi listrik dalam watt/s pada pengujian beban 50 pengguna sebanyak 20 kali

Sumber : Pengujian

Pada pengujian waktu yang dibutuhkan *server* untuk menyelesaikan 1200 permintaan halaman *website* yang dilakukan oleh 60 *client* selama 144 detik pada sebuah *web server* dan 77 detik oleh 2 buah *web server* yang menggunakan *load balancing*.



Grafik hasil pengujian pada saat jumlah *client* 100 (*server* menerima 2000 permintaan halaman *website*) ditampilkan pada gambar 5.10.



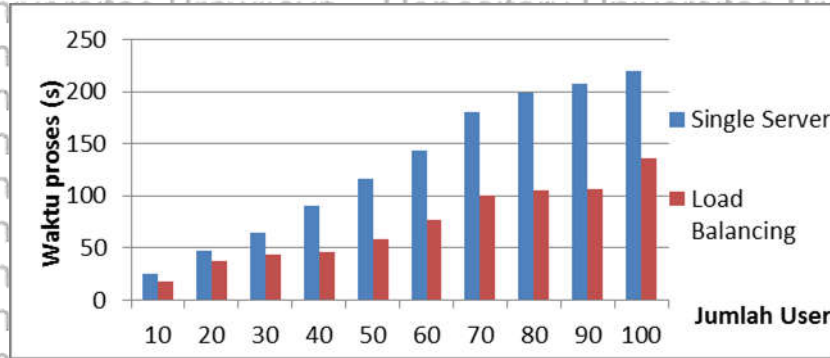
Gambar 5.9 : Perbandingan peningkatan konsumsi energi listrik dalam watt/s pada pengujian beban 100 pengguna sebanyak 20 kali
Sumber : Pengujian

Pada pengujian waktu yang dibutuhkan *server* untuk menyelesaikan 2000 permintaan halaman *website* yang dilakukan oleh 100 *client* selama 220 detik pada sebuah *web server* dan 136 detik oleh 2 buah *web server* yang menggunakan *load balancing*. Pada pengujian sebuah *server* terlihat pada detik ke-30 sampai dengan detik ke-120 daya listrik stabil pada nilai 73 watt, yaitu daya maksimum yang dikonsumsi *server* pada saat bekerja maksimal (penggunaan CPU 100%).

Untuk mengetahui konsumsi energi listrik yang digunakan dalam melayani permintaan, dilakukan pengujian dengan variasi jumlah halaman *website* yang harus dilayani *server* seperti pada tabel 5.7:

Tabel 5.7 : Pengujian energi yang dibutuhkan *server* untuk memproses permintaan (detik)

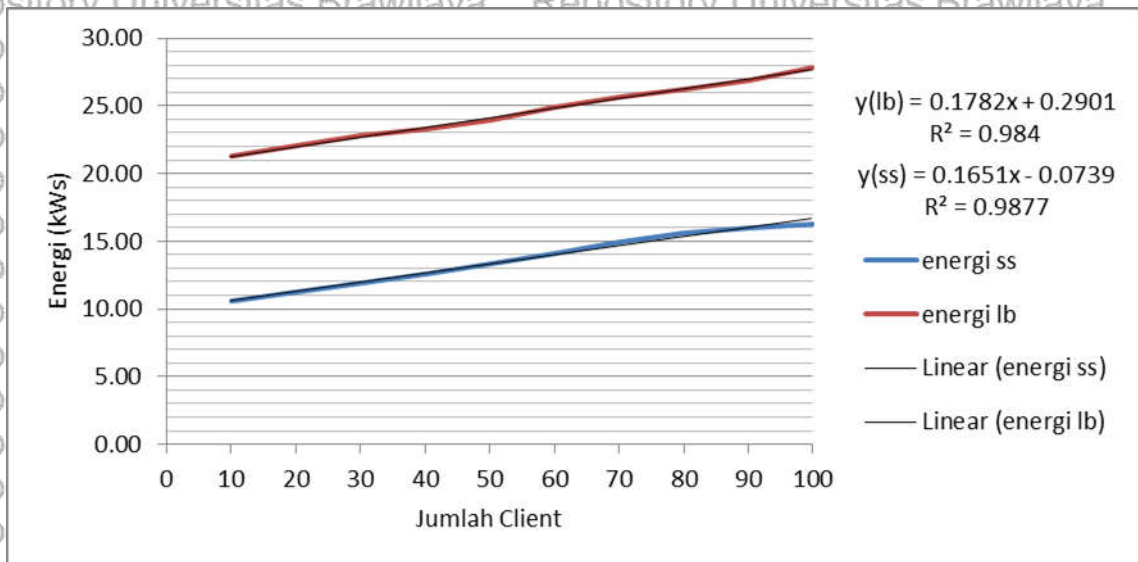
Jumlah User	Jumlah Hal	Single Server		Load Balancing	
		waktu	energi	waktu	energi
10	200	25	10.62	18	21.33
20	400	47	11.22	37	22.02
30	600	64	11.87	43	22.77
40	800	91	12.61	46	23.24
50	1000	116	13.29	58	23.96
60	1200	144	14.09	77	24.85
70	1400	180	14.95	100	25.61
80	1600	199	15.65	105	26.24
90	1800	207	15.96	107	26.88
100	2000	220	16.29	136	27.88



Gambar 5.10 : Grafik waktu yang dibutuhkan *server* untuk melayani permintaan halaman web
Sumber : Pengujian

Pada gambar 5.11 terlihat perbandingan waktu yang dibutuhkan *server* untuk melayani permintaan dari *client*. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah halaman yang dapat dilayani dua buah *server* sebanyak 14,7 halaman jauh lebih besar dibandingkan 8,5 halaman yang dilayani sebuah *server*.

Lama waktu proses pada CPU juga berpengaruh terhadap daya listrik yang dibutuhkan *server*. Peningkatan energi listrik merupakan selisih daya listrik pada saat menerima permintaan dengan daya listrik *server* dalam keadaan *idle*. Data hasil pengujian dengan variasi jumlah *user* 10 sampai dengan 100 yang melakukan 20 permintaan halaman *website* Joomla seperti pada gambar 5.11 berikut :



Gambar 5.11 : Grafik kebutuhan energi listrik *server* terhadap jumlah *client*
Sumber : Pengujian



5.2.3 Dalam Satu Permintaan Halaman

Berdasarkan data hasil pengujian energi listrik dalam *watt.second* (*Ws*) dengan variasi jumlah halaman yang diakses antara 200 sampai dengan 2000 halaman, dihitung persamaan regresi liniernya sehingga dapat mempermudah perhitungan selanjutnya.

Data pengujian energi listrik tampak pada tabel 5.9 berikut:

Tabel 5. 8 : Analisis data perbandingan konsumsi energi listrik (*watt.second*)

Jumlah hal. yang di akses	Single Server				LB 2 Server (<i>Ws . 10³</i>)			
	<i>x</i> (halaman)	<i>y</i> (<i>Ws</i>)	<i>xy</i>	<i>x²</i>	<i>x</i> (halaman)	<i>y</i> (<i>Ws</i>)	<i>xy</i>	<i>x²</i>
200	200	544	108800	40000	10	693	138600	40000
400	400	1142	456800	160000	20	1379	551600	160000
600	600	1788	1072800	360000	30	2126	1275600	360000
800	800	2531	2024800	640000	40	2598	2078400	640000
1000	1000	3208	3208000	1000000	50	3319	3319000	1000000
1200	1200	4006	4807200	1440000	60	4214	5056800	1440000
1400	1400	4866	6812400	1960000	70	4971	6959400	1960000
1600	1600	5568	8908800	2560000	80	5604	8966400	2560000
1800	1800	5881	10585800	3240000	90	6235	11223000	3240000
2000	2000	6211	12422000	4000000	100	7237	14474000	4000000
Σ	11000	35745	50407400	15400000	11000	38376	54042800	15400000

Sumber : Perhitungan

Fungsi regresi liner pada 10 data pengujian *single server* dihitung menggunakan persamaan 2.5 ($y = a + bx$). Dimana nilai *b* dihitung menggunakan persamaan 2.6 :

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

dimana

$$\sum_{i=1}^{10} x_i = 11000$$

$$\sum_{i=1}^{10} x_i y_i = 50407400$$

$$\sum_{i=1}^{10} y_i = 35745$$

$$\sum_{i=1}^{10} x_i^2 = 15400000$$

sehingga

$$b = \frac{10 \cdot 50407400 - (11000)(35745)}{10 \cdot 15400000 - (11000)^2} = 3.3599$$

sedangkan nilai *a* dihitung menggunakan persamaan 2.6.

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$a = \frac{35745}{10} - 3.36 \cdot \frac{11000}{10} = 121.47$$



Sehingga fungsi regresi linier hubungan antara jumlah permintaan halaman yang harus dilayani *server* (x) terhadap peningkatan kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan *server* dalam satuan detik (W_s) untuk sebuah *server* ($y_{(ss)}$) adalah :

$$y_{(ss)} = 3.36x - 121.47 \quad (5.1)$$

dimana :

$y_{(ss)}$ = daya listrik yang dibutuhkan sebuah *web server*

x = jumlah permintaan yang harus dilayani *server*

Fungsi regresi linier pada 10 data pengujian dua buah *server* menggunakan *load balancing*, dimana

$$\sum_{i=1}^{10} x_i = 11000$$

$$\sum_{i=1}^{10} y_i = 38376$$

$$\sum_{i=1}^{10} x_i y_i = 54042800$$

$$\sum_{i=1}^{10} x_i^2 = 15400000$$



sehingga

$$b = \frac{10 \cdot 64042800 - (11000)(38376)}{10 \cdot 15400000 - (11000)^2} = 3.5846$$

dengan nilai a

$$a = \frac{38376}{10} - 3.5846 \cdot \frac{11000}{10} = 105.47$$

Sehingga fungsi regresi liner hubungan antara jumlah permintaan halaman yang harus dilayani *server* (x) terhadap peningkatan kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan *server* dalam satuan detik (Ws) untuk dua buah *server* menggunakan *load balancing* ($y_{(lb)}$) adalah :

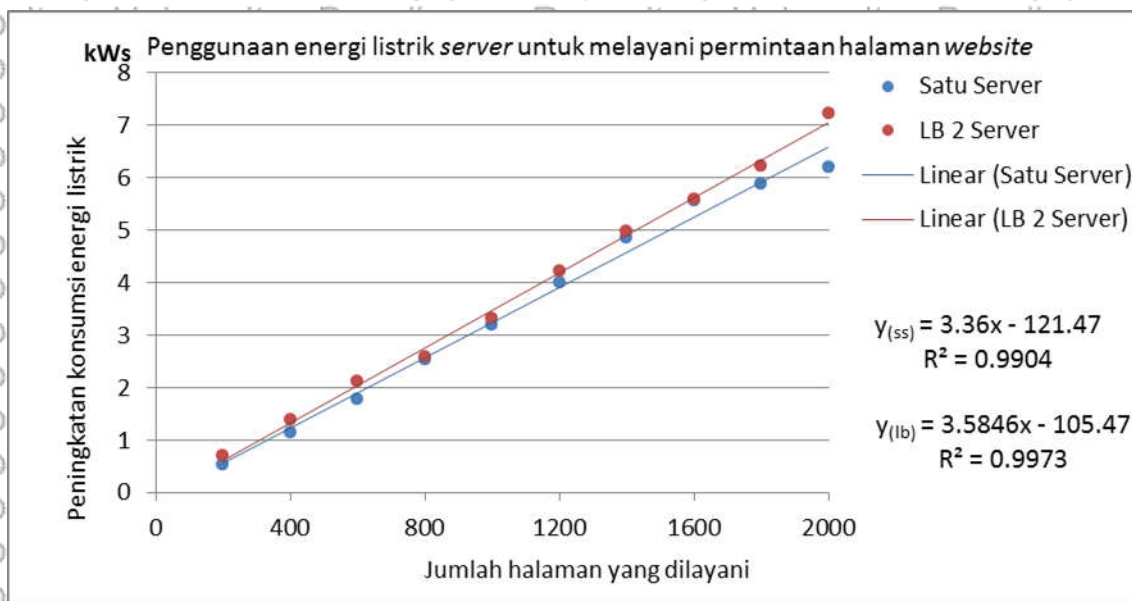
$$y_{(lb)} = 3.5846x - 105.47 \quad (5.2)$$

dimana :

$y_{(lb)}$ = daya listrik yang dibutuhkan 2 *server load balancing*

x = jumlah permintaan yang harus dilayani *server*

Grafik perbandingan hubungan jumlah *user* terhadap peningkatan kebutuhan energi listrik yang digunakan antara sebuah *server* dan dua buah *server* menggunakan *load balancing* ditunjukkan pada gambar 5.13 :



Gambar 5.12 : Perbandingan peningkatan konsumsi energi listrik dalam kW_s



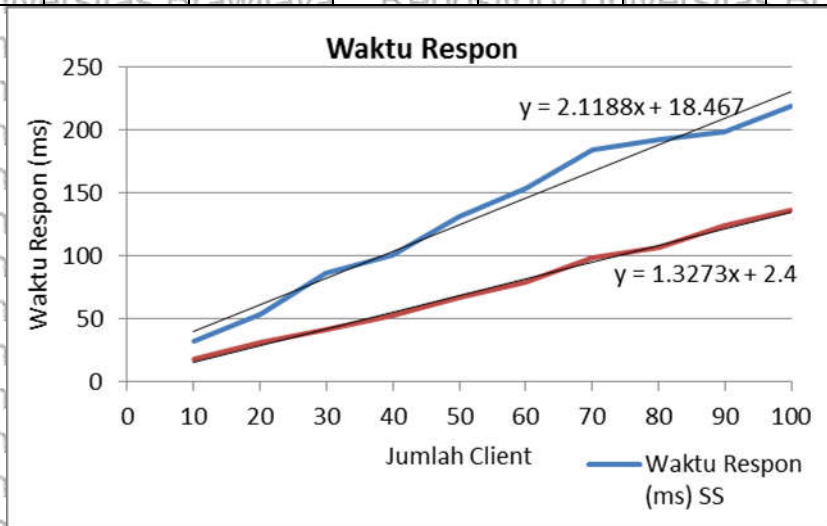
Sumber : Pengujian

Dua persamaan daya yang dibutuhkan server (y) terhadap jumlah permintaan yang harus dilayani (x) tersebut dapat digunakan untuk melakukan analisis dengan menggunakan data perilaku pengguna *web server* dengan jumlah pengguna dalam satu jam yang bervariasi.

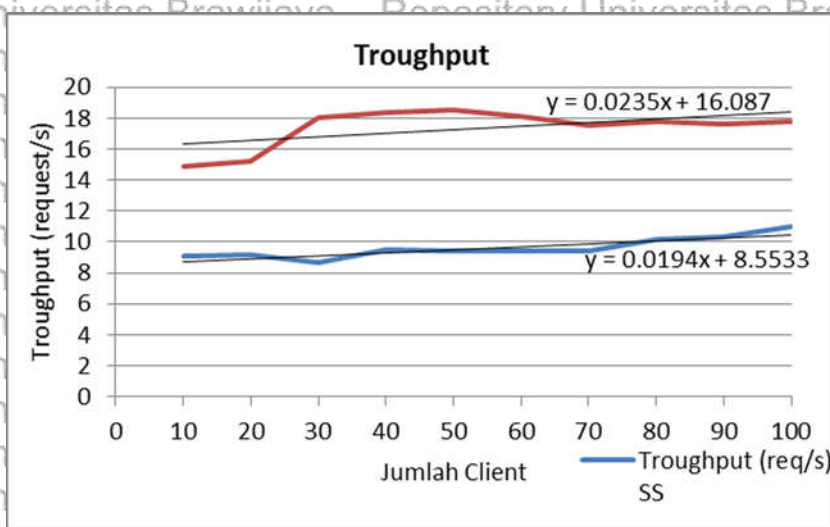
Dengan membandingkan hasil pengujian LB dibandingkan jumlah pengujian sebuah server dan dua buah *load balancing server* ($x = lb/(ss+lb)$) dimana x adalah nilai perbandingan, lb adalah hasil pengujian *load balancing server*, dan ss adalah hasil pengujian sebuah server, diperoleh tabel seperti berikut :

Tabel 5. 9 : Perbandingan performansi dan daya

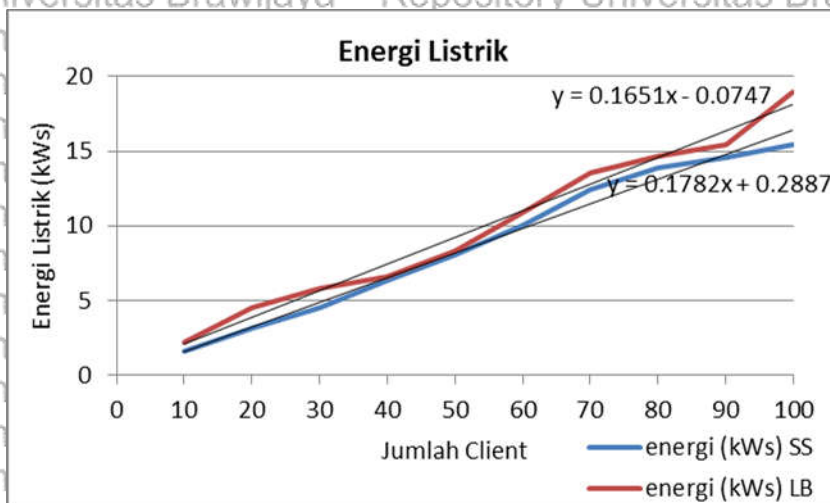
client	Waktu Respon (ms)		Troughput (req/s)		energi (kWs)	
	SS	LB	SS	LB	energi ss	energi lb
10	32	18	9.1	14.9	1.59	2.24
20	54	31	9.2	15.2	3.12	4.56
30	86	41	8.7	18	4.48	5.82
40	100	53	9.5	18.4	6.35	6.55
50	131	67	9.4	18.5	8.08	8.31
60	154	79	9.4	18.1	10.05	10.84
70	184	98	9.4	17.5	12.43	13.57
80	192	107	10.2	17.8	13.93	14.63
90	198	124	10.3	17.6	14.58	15.44
100	219	136	11	17.8	15.45	18.93



Gambar 5. 13 : Fungsi linier waktu respon



Gambar 5.14 : Fungsi linier troughput

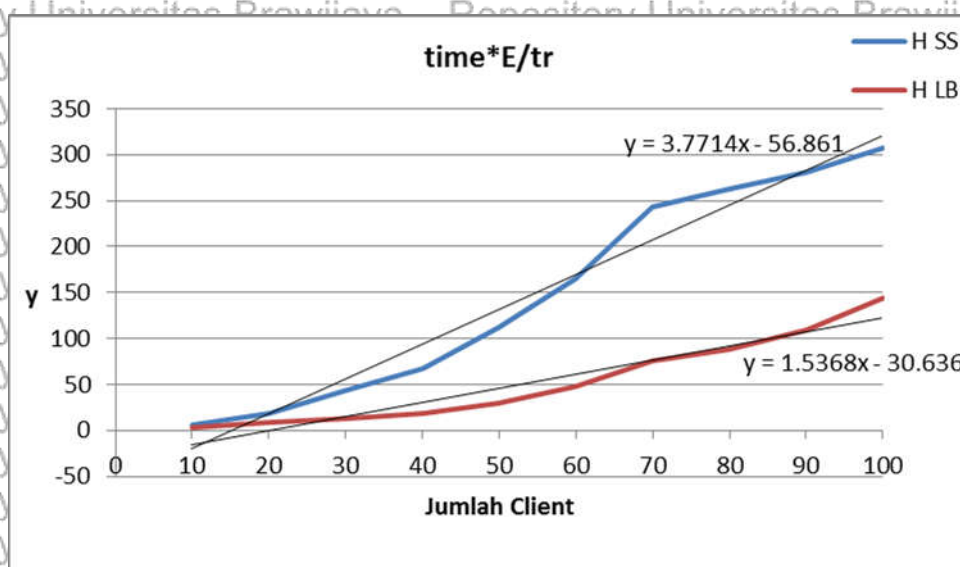


Gambar 5.15 : Fungsi linier energi listrik

Dengan menggabungkan ketiga fungsi diatas menjadi sebuah fungsi keterikatan dengan aturan server yang baik harus memenuhi kriteria :

- waktu respon tercepat
- troghput terbesar
- energi listrik terkecil

Didapatkan sebuah grafik baru seperti pada gambar 5.16 berikut :



Gambar 5. 16 : Grafik perbandingan sebuah server dan dua buah web server menggunakan LB

Berdasarkan grafik perbandingan tersebut bisa dihitung nilai optimal masing-masing sistem dimana semakin rendah penggunaan sebuah server dengan menentukan titik potong masing-masing fungsi (y).

Batasan atau kendala fungsi adalah :

$$y = 3.7714x - 56.861 \quad (5-3)$$

$$y = 1.5368x - 30.636 \quad (5-4)$$

Titik potong Persamaan 5-3 dan 5-4

$$3.7714x - 56.861 = 1.5368x - 30.636$$

$$2.2346 = 26.225$$

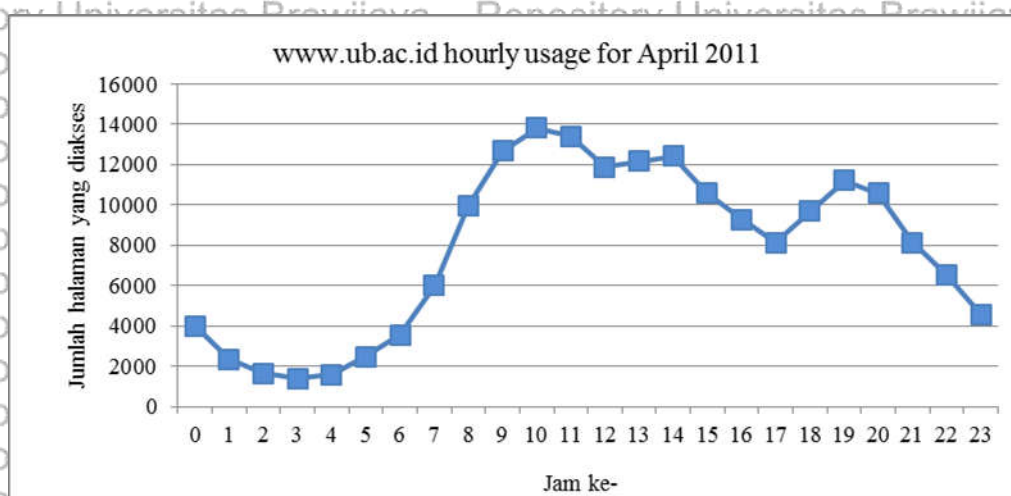
$$x = 11.736$$

Berdasarkan data hasil perhitungan disimpulkan bahwa pada jumlah *client* kurang dari 12 pengguna lebih baik menggunakan sistem sebuah web server dengan alasan penghematan energi listrik, tetapi untuk jumlah *client* lebih dari 12 pengguna lebih baik menggunakan dua buah server karena performansi server yang lebih baik.



5.2.4 Biaya Energi Listrik

Pada kenyataannya jumlah halaman *website* yang diakses pengguna dalam satu hari tidak selalu konstan pada suatu angka tertentu. Dalam perhitungan penggunaan energi listrik dalam satu hari (24jam) menggunakan data perilaku jumlah halaman yang diakses *client* pada *website* Universitas Brawijaya. Grafik perilaku pengguna pada gambar 5.13 merupakan rata-rata rekaman jumlah halaman yang diakses pengguna selama 24 jam pada bulan April 2011.



Gambar 5.17 : Halaman yang diakses pada website *www.ub.ac.id* selama satu hari
 Sumber : arsip PPTI Universitas Brawijaya

Grafik pada gambar 5.13 menunjukkan jumlah halaman yang diakses (*hit*) mencapai nilai maksimal pada jam 10:00 (13.831 *hit*/jam) dan mengalami *hit* terendah pada jam 02:00 (1.398 *hit*/jam).

Sesuai perhitungan penggunaan energi listrik untuk melayani permintaan halaman *website*, besar energi listrik sebuah *web server* untuk melayani permintaan pada persamaan 5-1 $y_{(ss)} = 3.36x - 121.47$ dalam *Ws* dan persamaan 5-2 $y_{(lb)} = 3.5846x - 105.47$ dalam *Ws*. Energi listrik sebuah *server* untuk melayani 13.831 permintaan (pada jam 10:00) adalah : (Perhitungan lengkap ada pada tabel 5.10)

$$\begin{aligned}
 y_{(ss)} &= 3.36 \cdot (13831) - 121.47 \\
 &= 46350.69 \text{ } Ws \quad \dots\dots 1 \text{ jam} = 3600s \\
 &= 12.87 \text{ } Wh
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_{(lb)} &= 3.5846 \cdot (13831) - 105.47 \\
 &= 70980.7326 \text{ } Ws \quad \dots\dots 1 \text{ jam} = 3600s
 \end{aligned}$$

Tabel 5.10 : Perbandingan penggunaan energi berdasarkan jumlah *hit*

Jam	Hit	Single Server (Wh)	LB Server (Wh)	Selisih daya (Wh)
0	4008	3.71	3.96	0.25
1	2333	2.14	2.29	0.15
2	1646	1.50	1.61	0.11
3	1398	1.27	1.36	0.09
4	1573	1.43	1.54	0.10
5	2480	2.28	2.44	0.16
6	3564	3.29	3.52	0.23
7	6009	5.57	5.95	0.38
8	9928	9.23	9.86	0.62
9	12669	11.79	12.59	0.79
10	13831	12.88	13.74	0.87
11	13416	12.49	13.33	0.84
12	11886	11.06	11.81	0.75
13	12158	11.31	12.08	0.76
14	12418	11.56	12.34	0.78
15	10569	9.83	10.49	0.66
16	9284	8.63	9.21	0.58
17	8134	7.56	8.07	0.51
18	9697	9.02	9.63	0.61
19	11195	10.41	11.12	0.70
20	10559	3.71	3.96	0.66
21	8130	2.14	2.29	0.51
22	6528	1.50	1.61	0.41
23	4578	1.27	1.36	0.29
Total		174.65	186.48	11.84

Sumber : Perhitungan

Perbandingan penggunaan biaya listrik antara sebuah *web server* dengan dua buah *web server* menggunakan *load balancing* dengan mengasumsikan tarif listrik yang berlaku untuk keperluan industri kecil pada tegangan rendah, dengan daya maksimal 14 kVA seharga Rp. 915,- /kWh [16].

Total biaya listrik yang digunakan *server* adalah jumlah energi listrik yang digunakan pada saat *server* dalam keadaan *idle* pada tabel 5.6 dan kebutuhan energi pada saat menerima sejumlah permintaan, ditunjukkan pada tabel 5.11 :

Tabel 5.11 : Total penggunaan energi harian *server*

Kondisi <i>Server</i>	Single (Wh)	LB (Wh)	Selisih (Wh)
Saat <i>Idle</i>	1008	2064	1056
Peningkatan akibat <i>request</i>	174.65	186.48	11.83
Total	1182.65	2250.48	1067.83

Sumber : Perhitungan



Pada tabel 5.11 terlihat kenaikan energi listrik akibat penggunaan CPU untuk melayani permintaan dari *client* dalam satu hari adalah 174,65 Wh pada sebuah *web server* dan 186,48 Wh pada sistem 2 *server* yang menggunakan *load balancing*.

Sehingga total energi listrik yang digunakan dalam satu hari adalah 1,182 kWh untuk satu buah *web server* sedangkan pada sistem *load balancing* dengan 2 *web server* mengkonsumsi energi listrik sebanyak 2,250 kWh.

Tabel 5.12 : Total biaya harian *server*

Kondisi <i>Server</i>	Single	LB	Selisih	Perbandingan
Saat <i>Idle</i>	Rp 922	Rp 1.889	Rp 966	1 : 2.05
Peningkatan akibat <i>request</i>	Rp 160	Rp 171	Rp 11	1 : 1.07
Total	Rp 1.082	Rp 2.059	Rp 977	1 : 1.90

Sumber : Perhitungan

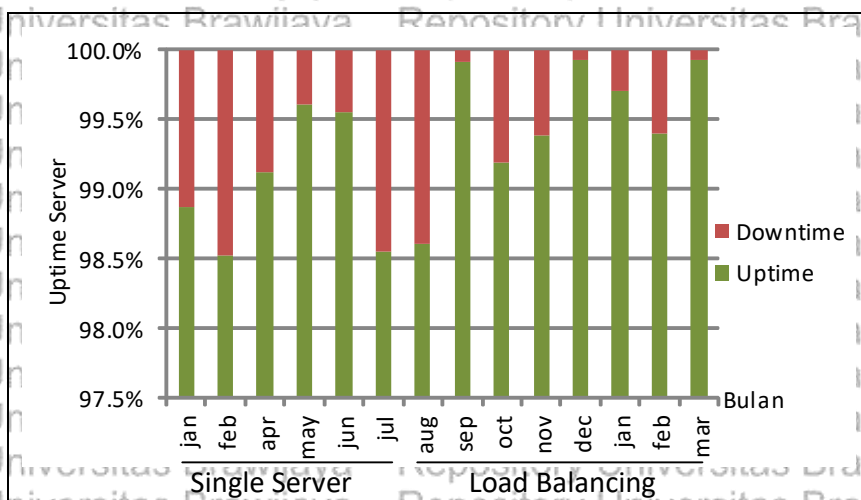
Pada tabel 5.12 terlihat perbandingan sebuah *web server* dengan sistem *web server* menggunakan *load balancing*. Dalam keadaan *idle*, perbedaan kebutuhan biaya sistem *load balancer* dalam satu hari sebesar 1 : 2.05 dibandingkan sebuah *server*.

Sedangkan setelah menerima beban kerja berupa permintaan halaman *website* dalam satu hari, perbandingan biaya antar keduanya sebesar 1 : 1.90.



5.3 Availability

Berdasarkan data yang dikumpulkan dari laporan *email* sebuah situs penyedia jasa *monitoring server*, diperoleh data berupa *uptime website* yang menunjukkan persentase ketersediaan *server* dalam melayani permintaan dari *client* pada gambar 5.14:



Gambar 5.18 : Uptime web server *www.ub.ac.id* pada tahun 2011/2012
 Sumber : arsip PPTI-UB

Pada *server* yang diamati, dilakukan penerapan metode *load balancing* untuk meningkatkan kinerja *web server* dan mengurangi *downtime* yang terjadi akibat pemeliharaan rutin pada *server*. Penerapan *load balancing* dilakukan pada bulan Agustus 2011. Perbandingan rata-rata *uptime server* pada sebuah *server* dibandingkan dengan setelah menerapkan *load balancing* ditampilkan pada Tabel 5.13:

Tabel 5.13 : Perbandingan *uptime* sebelum dan sesudah menerapkan LB

Web Server	Uptime	Downtime
Single Server	98.94%	1.07%
Load Balancing	99.59%	0.41%

sumber : arsip PPTI-UB

Pada saat menggunakan sebuah *server* terjadi *downtime* sebanyak 1,07% sedangkan setelah menerapkan *load balancing*, *downtime server* berkurang sebanyak 0,14%. Data tersebut menunjukkan keuntungan menggunakan *load balancing* dilihat berdasarkan ketersediaan (*availability*) sistem.



BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Load balancing* dapat diterapkan pada sistem *web server* menggunakan *direct routing*. Dengan menggunakan algoritma *round robin* setiap permintaan dari *user* dialihkan secara bergantian ke beberapa *real server*.

2. Berdasarkan pengujian performansi diperoleh beberapa data :

- Sistem *load balancing* dua *web server* bekerja 1,83 kali lebih cepat dibandingkan sebuah *web server*.
- Rata-rata *throughput* pada *load balancing* dua *web* sebanyak 18,5 permintaan dalam satu detik, sedangkan pada sebuah *server* sebanyak 9,4 permintaan.
- *Error* pada *load balancing* dua *web server* terjadi pada saat menerima 2000 halaman *website*, sedangkan pada sebuah *server* pada 1400 permintaan.

Kinerja dua buah *web server* menggunakan *load balancing* dapat bekerja hampir dua kali kemampuan sebuah *server*.

3. Penggunaan energi listrik dalam satu hari menggunakan data pengguna yang mengakses *website* www.ub.ac.id, menggunakan sebuah *server* sebesar 1,182 kWh (Rp. 1.082,-) sedangkan pada *load balancing* dua buah *server* sebesar 2250,48 kWh (Rp. 2.059,-) dengan perbandingan 1 : 1,9. penggunaan *load balancing* juga dapat meningkatkan *availability* sistem pada *web server*.

Pada jumlah *client* kurang dari 12 pengguna lebih baik menggunakan sistem sebuah *web server*, tetapi untuk jumlah *client* lebih dari 12 pengguna lebih baik menggunakan dua buah *server* karena performansi *server* yang lebih baik.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah :

1. Melakukan analisis menggunakan jumlah *real server* lebih banyak dengan metode *load balancing* yang lebih bervariasi.



2. Melakukan pengujian menggunakan perangkat *dedicated server* atau komputer yang dirancang untuk *server* yang biasa digunakan dalam produksi.
3. Menggunakan perangkat khusus *load balancer* yang terpisah dengan *real server*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Group, Miniwatts Marketing, "World Internet Usage and Population Statistics," [Online]. Available: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>. [Diakses 29 7 2012].
- [2] C. Kopparapu, Load Balancing Server, Firewall, and Caches, Canada: Wiley, 2001.
- [3] B. Irawan, Jaringan Komputer, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2005.
- [4] Dhoto, Jaringan Komputer, Surabaya: PENS-ITS, 2007.
- [5] Masyarakat Digital Gotong Royong, Pengantar Sistem Operasi Komputer, VLSM, 2008.
- [6] Network Working Group, "Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1," The Internet Society, 1999. [Online]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>. [Diakses 18 7 2012].
- [7] M. A. Ricart, Apache Server, Indianapolis: Sams.net, 1996.
- [8] Andi, Dasar Teknis Instalasi Jaringan Komputer, Yogyakarta: Madcoms, 2003.
- [9] "Round-Robin Scheduling," 3 February 2006. [Online]. Available: http://kb.linuxvirtualserver.org/wiki/Round-Robin_Scheduling. [Diakses 2012 7 2012].
- [10] J. Meier, Performance Testing Guidance for Web Applications, Microsoft, 2007.
- [11] S. Santoso, Statistik Deskriptif, Yogyakarta: Ardana Media, 2009.
- [12] I. Sommerville, Software engineering Ninth Edition, Wesley: Addison, 2010.
- [13] "Virtual Server via Direct Routing," 1 5 1999. [Online]. Available: <http://www.linuxvirtualserver.org/VS-DRouting.html>. [Diakses 18 7 2012].
- [14] A. Syahputra, Apache Web Server, Yogyakarta: Andi, 2003.
- [15] "Fluke Datasheet," [Online]. Available: www.fluke.com/fluke/usen/Power-Quality-Tools/Single-Phase/Fluke-43B.htm?PID=56080. [Diakses 2012 7 2012].
- [16] S. B. Yudhoyono, "Tarif Tenaga Listrik," 2011. [Online]. Available: http://www.pln.co.id/dataweb/TTL_2010/perpres_no_8_tahun_2011.pdf. [Diakses 23 07 2012].
- [17] F. G. Alex, Virtual Server, JETri, 2002.
- [18] RedHat, Inc, Linux VirtualServer (LVS) for Red Hat Enterprise Linux, RedHat, 2007.
- [19] A. Silberschatz, Operating System Concept, Wiley and Sons, 2005.
- [20] A. a. T. B. N. (. Thompson, Guide for the Use of the International System of Units

(SI) (Special publication 811), Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2008.

