



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probatum, Justitia

RANCANG BANGUN PLATFORM SEBAGAI SISTEM PEMANTAUAN UNTUK PEMODELAN PEMBANGKIT LISTRIK VIRTUAL

SKRIPSI

Pembimbing:

Dr.-Ing. Eko Adhi Setiawan S.T., M.T.

F. Astha Ekadiyanto S.T., M.Sc.

Muhammad Djati Pradana

1606829680



UNIVERSITAS
INDONESIA

Veritas, Probatum, Justitia

Outline

01 Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian dan batasan penelitian,.

02 Landasan Teori

Berisi tentang konsep-konsep yang akan menjadi dasar dan acuan dalam penelitian.

03 Perancangan Sistem

Berisi tentang skenario dalam perancangan sistem pemantauan pada platform simulasi pembangkit listrik virtual

04 Implementasi, Pengujian dan Analisis Sistem

Berisi tentang implementasi dan pengujian terhadap platform simulasi pembangkit listrik virtual

05 Penutup

Berisi tentang kesimpulan dan saran untuk pengembangan selanjutnya terhadap platform simulasi pembangkit listrik virtual



UNIVERSITAS
INDONESIA

Veritas, Probatum, Justitia

Pendahuluan



UNIVERSITAS
INDONESIA
Berani, Berprestasi, Berkeadilan

Latar Belakang

Perkembangan teknologi merubah sistem penyediaan listrik sentralisasi menjadi desentralisasi dengan menggunakan pembangkit listrik virtual. Konsep pembangkit listrik virtual menggunakan pembangkit listrik dengan energi terbarukan yang terdistribusi sehingga memungkinkan klien dapat berperan menjadi prosumer yang terhubung dengan jaringan listrik. Konsep pembangkit listrik virtual dapat meminimalkan penggunaan energi listrik dari PLN serta mengurangi beban puncak (*peak load*). Konsep ini membutuhkan sistem pemantauan yang memungkinkan klien dapat mengetahui aktivitas pembangkit listrik dan beban.



UNIVERSITAS
INDONESIA
Widya, Pradika, Jasa

Tujuan Penelitian

- Membuat *node editor* yang dapat membantu pengguna dalam melakukan konfigurasi yaitu *interfacing* antara platform dengan pembangkit menggunakan protokol MQTT, melakukan kalkulasi, menyimpan data hasil pemantauan serta menghitung total energi pada pembangkit dan beban.
- Membuat sistem pemantauan yang dapat membantu klien dalam mengetahui energi listrik yang dihasilkan dari setiap pembangkit, kapasitas baterai, daya pada beban serta total energi yang dihasilkan dari akumulasi daya per hari pada beban dan pembangkit.



UNIVERSITAS
INDONESIA

Veritas, Probatum, Institut

Batasan masalah yang akan dibahas dalam skripsi meliputi pembuatan node editor untuk mempermudah konfigurasi node, protokol yang digunakan sebagai komunikasi dalam pertukaran data, *database* yang digunakan untuk menyimpan rekaman data berdasarkan *timeseries*, parameter yang dapat dicatat dari setiap klien yang terlibat dalam simulasi yang dibuat.

Batasan Penelitian



UNIVERSITAS
INDONESIA

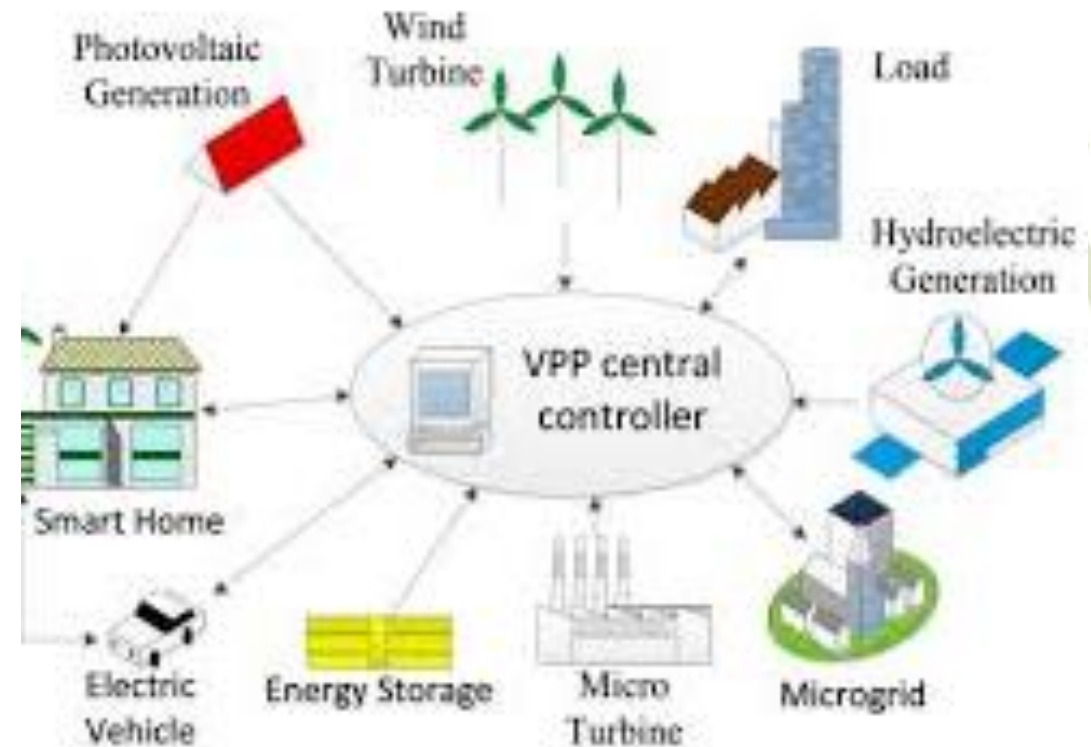
Veritas, Probatum, Justitia

Landasan Teori



Pembangkit Listrik Virtual

Pembangkit Listrik Virtual merupakan sebuah konsep yang digunakan untuk manajemen energi dengan algoritma yang sudah didefinisikan seperti mengagregasi energi yang dihasilkan dari sumber pembangkit energi yang terdistribusi. Sehingga energi yang sudah teragregasi dapat diekspor kepada *grid* atau mengurangi beban puncak di *grid* saat penggunaan pada waktu tertentu.





UNIVERSITAS
INDONESIA
Visi: Prida, Jati

Sumber Listrik



Panel Surya



Fuel Cell



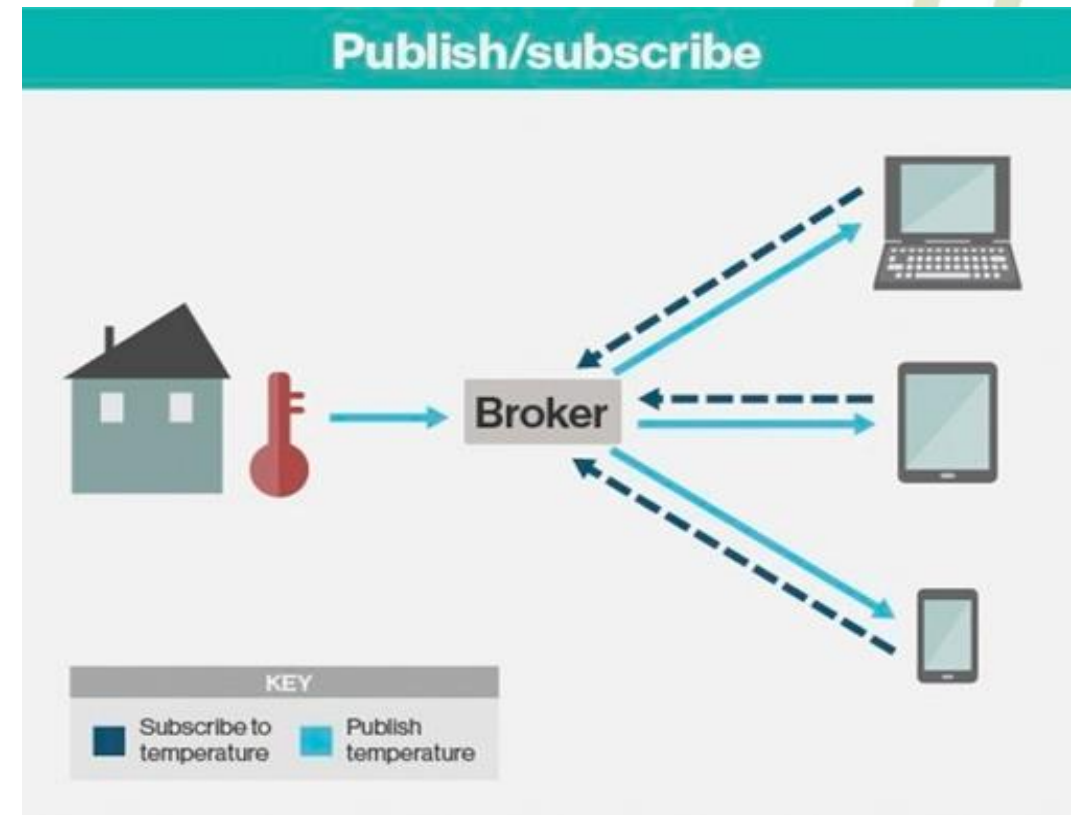
Baterai



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probatum, Institut

MQTT

MQTT merupakan protokol komunikasi IoT dengan *publish* dan *subscribe* berdasarkan topik yang sangat sederhana dan ringan. Didesain untuk alat yang memiliki kemampuan terbatas dengan *bandwidth* yang rendah dan latensi yang tinggi atau jaringan yang kurang dapat diandalkan. Protokol MQTT hanya mengirimkan paket ukuran kecil sehingga tidak membebani *resource* jaringan internet, karena sifat dari protokol MQTT yang sederhana dan efisien.



Sumber: M. Rouse. "What is MQTT (MQ Telemetry Transport)?". [Online]. Available: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport> [Accessed: 31 May 2020]

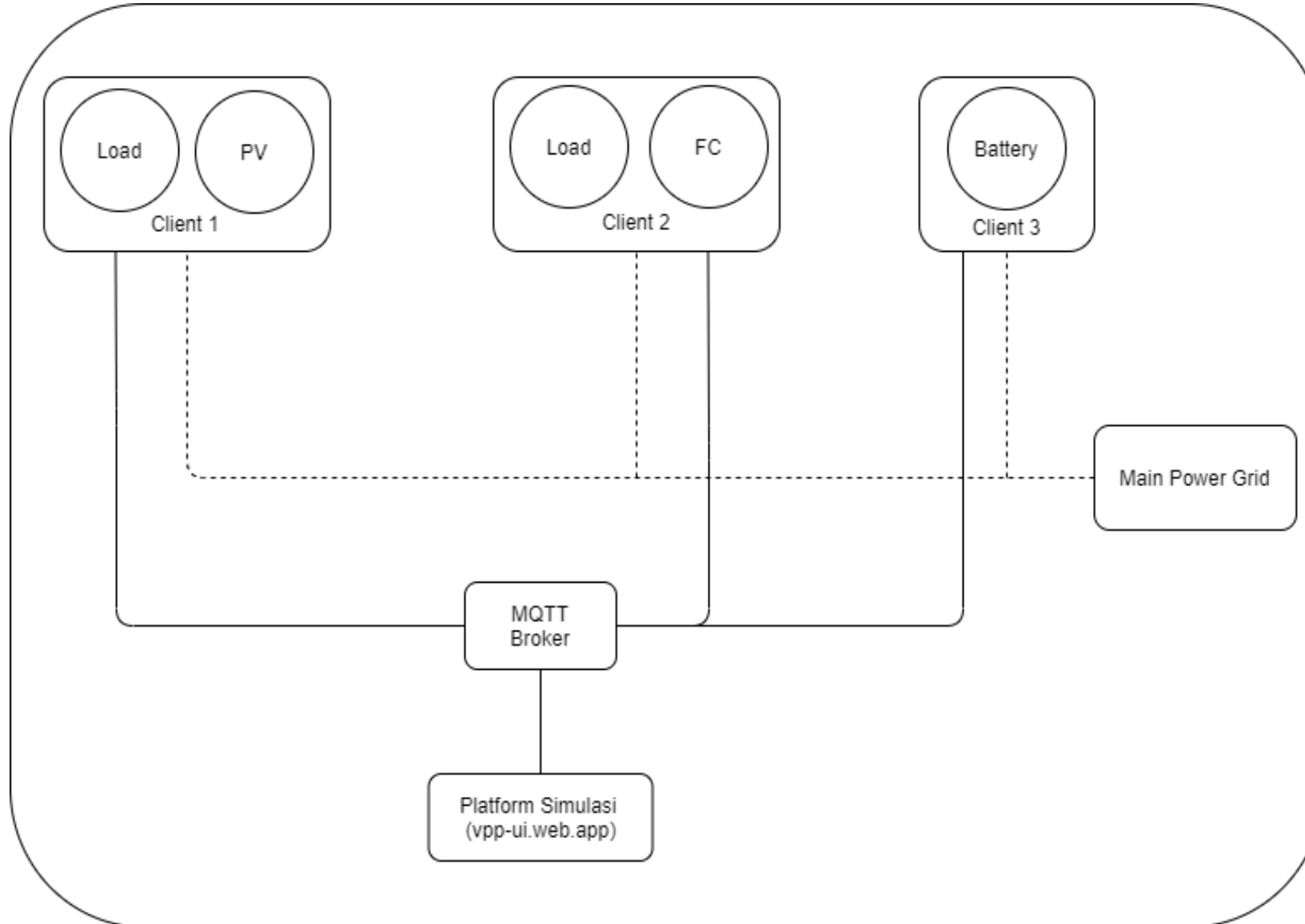


UNIVERSITAS
INDONESIA
Visitas, Produktif, Inovatif

Perancangan Sistem



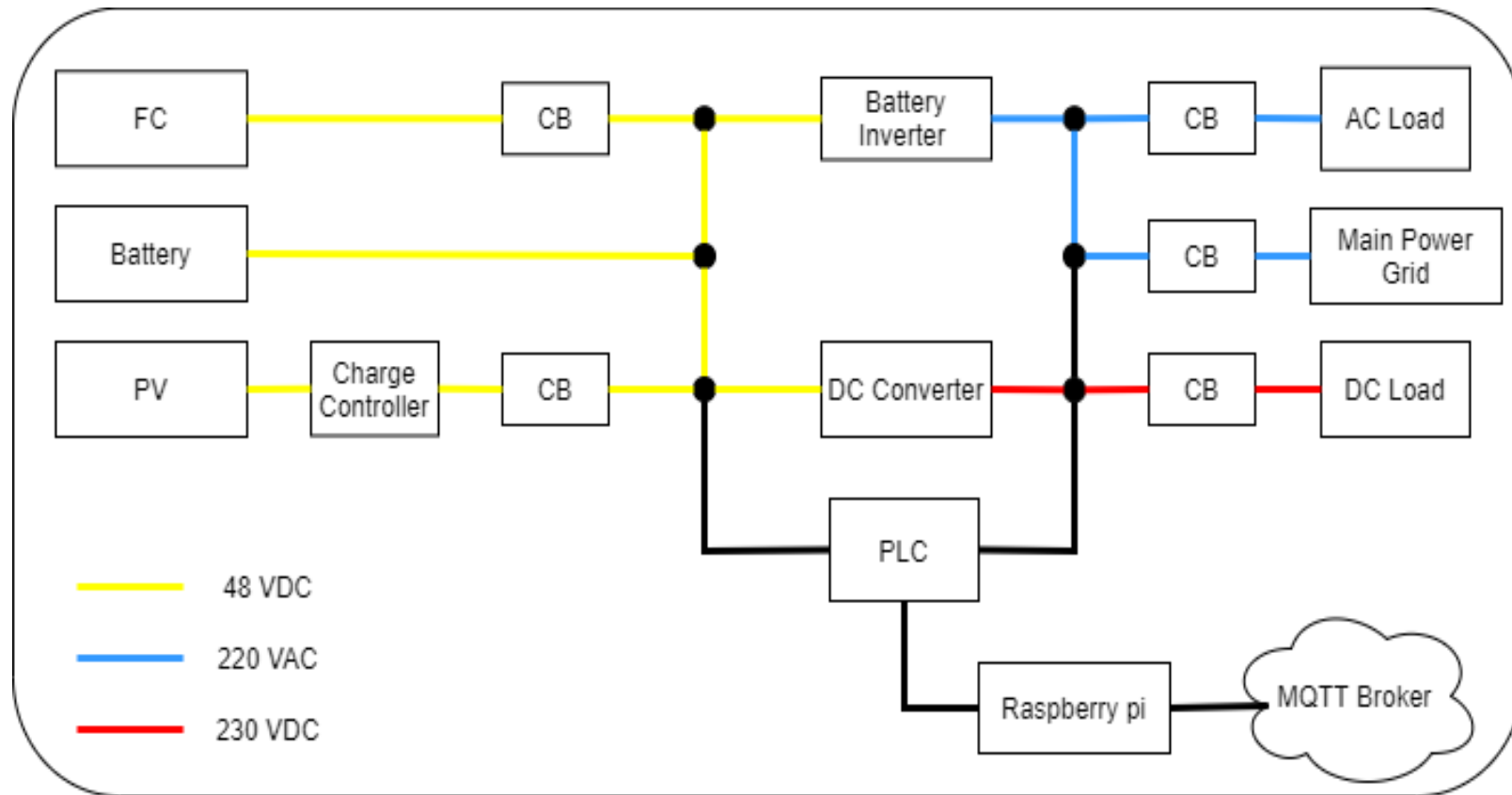
Pemodelan Konsep Pembangkit Listrik Virtual





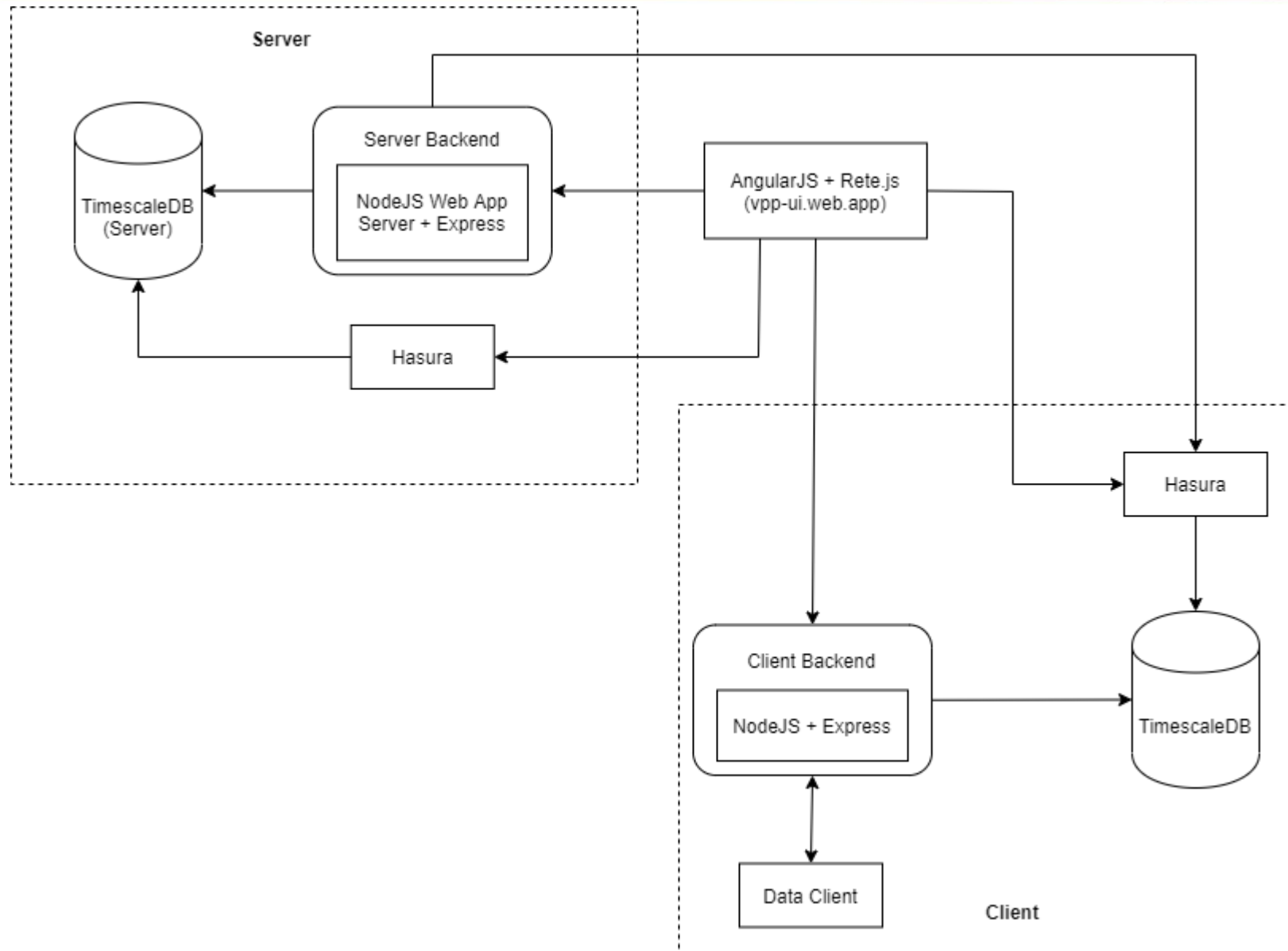
UNIVERSITAS
INDONESIA
Visitas, Prestasi, Jati Diri

Perancangan Sistem pada *Sofwan House* TREC FTUI (*Container*)





Arsitektur Platform Simulasi Pembangkit Listrik Virtual






UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probatum, Justitia

Perancangan Node Editor pada Platform Simulasi [1]

Node MQTT

MQTT Client Subscriber

Topic 

Host :

Port :

Username :

Password :

Topic :

MQTT Client Publisher

Host :

Port :

Username :


Password :

Topic :

Message :


Node Kalkulasi


MQTT Addition

Topic Out 


Topic :

Divider :


 Topic1


 Topic2

MQTT Multiplication

Topic Out 

Topic :

 Topic1

 Topic2



Perancangan Node Editor pada Platform Simulasi [2]

Node *Database*

MQTT Database

Server :

Port :

Database :

Table :

Column :

Username :

Password :

Topic :

- ☐ Topic1
- ☐ Topic2
- ☐ Topic3
- ☐ Topic4
- ☐ Topic5

Node Akumulator

Generator Accumulator

Host :

Port :

Database :

Username :

Password :

Table1 :

Column1 :

Table2 :

Column2 :

Table3 :

Column3 :

Load Accumulator

Host :

Port :

Database :

Username :

Password :

Table :

Column :



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probatum, Justitia

Perancangan Node Editor pada Platform Simulasi [3]

Node Spesifikasi

Battery Specification

Power : 0

FuelCell Specification

Power : 0

Node Kontrol

Control

Host :

Port : 0

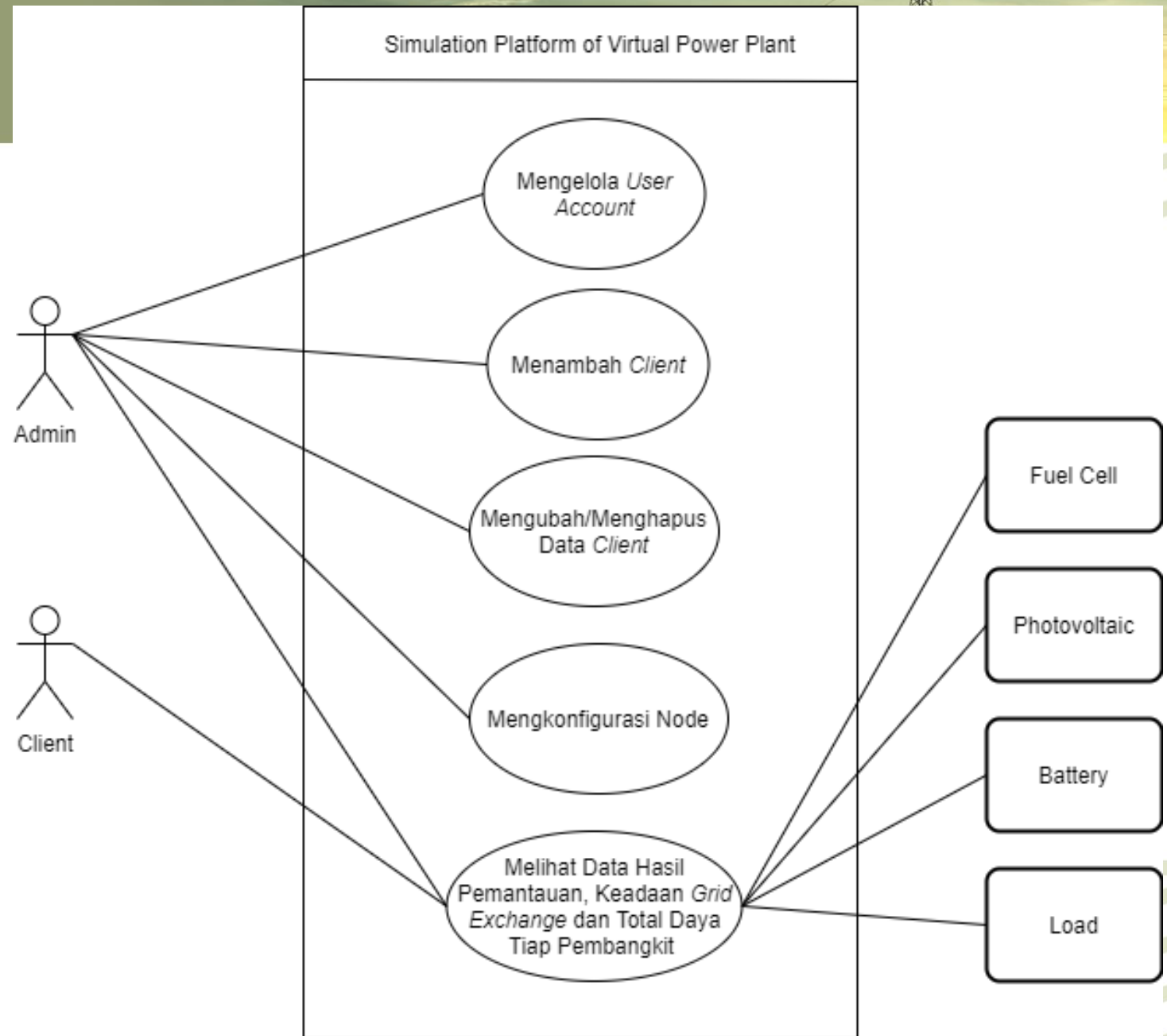
Username :

Password :



UNIVERSITAS
INDONESIA
Visitas, Produktifitas, Inovatifitas

Use Case Diagram





UNIVERSITAS
INDONESIA

Veritas, Probatum, Justitia

Implementasi, Penguujian dan Analisis Sistem



UNIVERSITAS
INDONESIA
Visitas, Pendidikan, Inovasi

Implementasi Sistem

Server

Ubuntu Server 18.04 berbasis x86 (64-bit)

- Jumlah virtual CPU: 1
- RAM: 2 GB
- Network Bandwidth: Up to 10 Gbps
- Kapasitas Penyimpanan: 8 Gb

Client

Ubuntu Server 18.04 berbasis ARM

- Jumlah virtual CPU: 1
- RAM: 2 GB
- Network Bandwidth: Up to 10 Gbps
- Kapasitas Penyimpanan: 8 Gb



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probatum, Justitia

Implementasi Sistem [1]

Konfigurasi Klien Pertama
(*Photovoltaic*)

```
{
  "id": "demo@0.2.0",
  "nodes": {
    "84": {
      "id": 84,
      "data": {
        "host": "18.139.173.229",
        "port": 1883,
        "username": "",
        "password": "",
        "topic": "KWH8_V"
      },
      "inputs": {},
      "outputs": {
        "topic": {
          "connections": [
            {
              "node": 189,
              "input": "topic1",
              "data": {}
            }
          ]
        }
      },
      "position": [
        -5.086517543771045,
        73.21700667079558
      ],
      "name": "MQTT Client Subscriber"
    },
    "85": {
      "id": 85,
      "data": {
        "host": "18.139.173.229",
        "port": 1883,
        "username": "",
        "password": "",
        "topic": "KWH8_I"
      },
      "inputs": {},
      "outputs": {
        "topic": {
          "connections": [
            {

```

Implementasi Sistem [2]

Konfigurasi Klien Pertama (*Photovoltaic*)

id [PK] integer	schema_name name	table_name name	associated_schema_name name	associated_table_prefix name
2	public	dcon	_timescaledb_internal	_hyper_2
1	public	pvc_container	_timescaledb_internal	_hyper_1
4	public	state	_timescaledb_internal	_hyper_4
5	public	pyranometer	_timescaledb_internal	_hyper_5
12	public	pv	_timescaledb_internal	_hyper_12
8	public	load	_timescaledb_internal	_hyper_8
9	public	inverter	_timescaledb_internal	_hyper_9
10	public	kwh_generator	_timescaledb_internal	_hyper_10
11	public	kwh_load	_timescaledb_internal	_hyper_11

Hypertable

Daftar *Chunk Table*

chunk_id integer	chunk_table text	ranges text[]	table_size text
41	_timescaledb_internal_hypr_12_41_chunk	{('2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07')}	4208 kB
28	_timescaledb_internal_hypr_2_28_chunk	{('2020-05-28 07:00:00+07';2020-06-04 07:00:00+07')}	4960 kB
37	_timescaledb_internal_hypr_2_37_chunk	{('2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07')}	6104 kB
31	_timescaledb_internal_hypr_9_31_chunk	{('2020-05-28 07:00:00+07';2020-06-04 07:00:00+07')}	4960 kB
40	_timescaledb_internal_hypr_9_40_chunk	{('2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07')}	6104 kB
30	_timescaledb_internal_hypr_4_30_chunk	{('2020-05-28 07:00:00+07';2020-06-04 07:00:00+07')}	4960 kB
39	_timescaledb_internal_hypr_4_39_chunk	{('2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07')}	6104 kB
32	_timescaledb_internal_hypr_8_32_chunk	{('2020-05-28 07:00:00+07';2020-06-04 07:00:00+07')}	3744 kB
35	_timescaledb_internal_hypr_8_35_chunk	{('2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07')}	4600 kB
33	_timescaledb_internal_hypr_11_33_chunk	{('2020-05-28 07:00:00+07';2020-06-04 07:00:00+07')}	40 kB
43	_timescaledb_internal_hypr_11_43_chunk	{('2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07')}	40 kB
34	_timescaledb_internal_hypr_10_34_chunk	{('2020-05-28 07:00:00+07';2020-06-04 07:00:00+07')}	40 kB
42	_timescaledb_internal_hypr_10_42_chunk	{('2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07')}	40 kB



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probatum, Justitia

Implementasi Sistem [3]

Konfigurasi Klien Kedua
(*Fuel Cell*)

```
{
  "id": "demo@0.2.0",
  "nodes": {
    "243": {
      "id": 243,
      "data": {
        "host": "18.139.173.229",
        "port": 1883,
        "username": "",
        "password": "",
        "topic": "vpp/fuelcell/gen"
      },
      "inputs": {},
      "outputs": {
        "topic": {
          "connections": [
            {
              "node": 244,
              "input": "topicMergel",
              "data": {}
            }
          ]
        }
      },
      "position": [
        153.171211654997,
        272.2190268714912
      ],
      "name": "MQTT Client Subscriber"
    },
    "244": {
      "id": 244,
      "data": {
        "server": "54.145.67.197",
        "portDB": 5432,
        "database": "fuelcell",
        "table": "fc",
        "column": "power",
        "usernameDB": "postgres",
        "passwordDB": "vppl2345",
        "topicStr": "vpp/fuelcell/gen"
      },
      "inputs": {
        "topicMergel": {
```

Implementasi Sistem [4]

Konfigurasi Klien Kedua (*Fuel Cell*)

id [PK] integer	schema_name name	table_name name	associated_schema_name name	associated_table_prefix name
1	public	load	_timescaledb_internal	_hyper_1
3	public	kwh_generator	_timescaledb_internal	_hyper_3
4	public	kwh_load	_timescaledb_internal	_hyper_4
2	public	fc	_timescaledb_internal	_hyper_2

Hypertable

Daftar *Chunk Table*

chunk_id integer	chunk_table text	ranges text[]	table_size text
9	_timescaledb_internal_hyper_2_9_chunk	{["2020-05-28 07:00:00+07";2020-06-04 07:00:00+07')}	4680 kB
13	_timescaledb_internal_hyper_2_13_chunk	{["2020-06-04 07:00:00+07";2020-06-11 07:00:00+07')}	4832 kB
chunk_id integer	chunk_table text	ranges text[]	table_size text
8	_timescaledb_internal_hyper_1_8_chunk	{["2020-05-28 07:00:00+07";2020-06-04 07:00:00+07')}	4680 kB
12	_timescaledb_internal_hyper_1_12_chunk	{["2020-06-04 07:00:00+07";2020-06-11 07:00:00+07')}	4824 kB
chunk_id integer	chunk_table text	ranges text[]	table_size text
10	_timescaledb_internal_hyper_4_10_chunk	{["2020-05-28 07:00:00+07";2020-06-04 07:00:00+07')}	40 kB
14	_timescaledb_internal_hyper_4_14_chunk	{["2020-06-04 07:00:00+07";2020-06-11 07:00:00+07')}	40 kB
chunk_id integer	chunk_table text	ranges text[]	table_size text
11	_timescaledb_internal_hyper_3_11_chunk	{["2020-05-28 07:00:00+07";2020-06-04 07:00:00+07')}	40 kB
15	_timescaledb_internal_hyper_3_15_chunk	{["2020-06-04 07:00:00+07";2020-06-11 07:00:00+07')}	40 kB



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probatum, Justitia

Implementasi Sistem [5]

Konfigurasi Klien Ketiga (Baterai)

```
{
  "id": "demo@0.2.0",
  "nodes": {
    "1": {
      "id": 1,
      "data": {
        "host": "18.139.173.229",
        "port": 1883,
        "username": "",
        "password": "",
        "topic": "vpp/battery/percentage"
      },
      "inputs": {},
      "outputs": {
        "topic": {
          "connections": [
            {
              "node": 2,
              "input": "topicMergel",
              "data": {}
            }
          ]
        }
      },
      "position": [
        157.85341842048445,
        21.602119739824392
      ],
      "name": "MQTT Client Subscriber"
    },
    "2": {
      "id": 2,
      "data": {
        "server": "54.145.67.197",
        "portDB": 5432,
        "database": "battery",
        "table": "percentage",
        "column": "percentage",
        "usernameDB": "postgres",
        "passwordDB": "vppl2345",
        "topicStr": "vpp/battery/percentage"
      },
      "inputs": {
        "topicMergel": {
```


Implementasi Sistem [6]

Konfigurasi Klien Ketiga (Baterai)

id [PK] integer	schema_name name	table_name name	associated_schema_name name	associated_table_prefix name
1	public	percentage	_timescaledb_internal	_hyper_1
2	public	export	_timescaledb_internal	_hyper_2

Hypertable

chunk_id integer	chunk_table text	ranges text[]	table_size text
3	_timescaledb_internal_hyper_1_3_chunk	{['2020-05-28 07:00:00+07';2020-06-04 07:00:00+07']}	4680 kB
5	_timescaledb_internal_hyper_1_5_chunk	{['2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07']}	4576 kB
chunk_id integer	chunk_table text	ranges text[]	table_size text
4	_timescaledb_internal_hyper_2_4_chunk	{['2020-05-28 07:00:00+07';2020-06-04 07:00:00+07']}	4680 kB
6	_timescaledb_internal_hyper_2_6_chunk	{['2020-06-04 07:00:00+07';2020-06-11 07:00:00+07']}	4568 kB

Daftar Chunk Table

Pengujian Node Editor

- Node dapat ditambahkan melalui menu yang tersedia
- Node dapat dihapus (*delete*) dan diduplikasi (*clone*)
- Node dapat dicari melalui fitur search
- Node dapat dibesarkan atau dikecilkan
- Node dapat dihubungkan dengan node lain

Usability Testing

Kelompok:

- Responden memahami pembangkit listrik virtual
- Responden tidak memahami pembangkit listrik virtual

Kuesioner dengan skala:

1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

2 = Kurang Setuju (KS)

3 = Cukup (C)

4 = Setuju (S)

5 = Sangat Setuju (SS)



Hasil dan Analisis Pengujian Node Editor

Parameter	Berhasil	Gagal
Node dapat ditambahkan melalui menu yang tersedia	✓	
Node dapat dihapus (<i>delete</i>) dan diduplikasi (<i>clone</i>)	✓	
Node dapat dicari melalui fitur search	✓	
Node dapat dibesarkan atau dikecilkan	✓	
Node dapat dihubungkan dengan node lain	✓	

Hasil dan Analisis *Usability Testing*

Data Hasil Kuesioner = 20 Responden

- Responden Memahami Pembangkit Listrik Virtual = 5 Responden
- Responden Tidak Memahami Pembangkit Listrik Virtual = 15 Responden

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Standar Deviasi

Margin of Error

$$CI = \bar{x} \pm T_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Confidence Interval

Hasil dan Analisis *Usability Testing* [1]

Responden Memahami Pembangkit Listrik Virtual

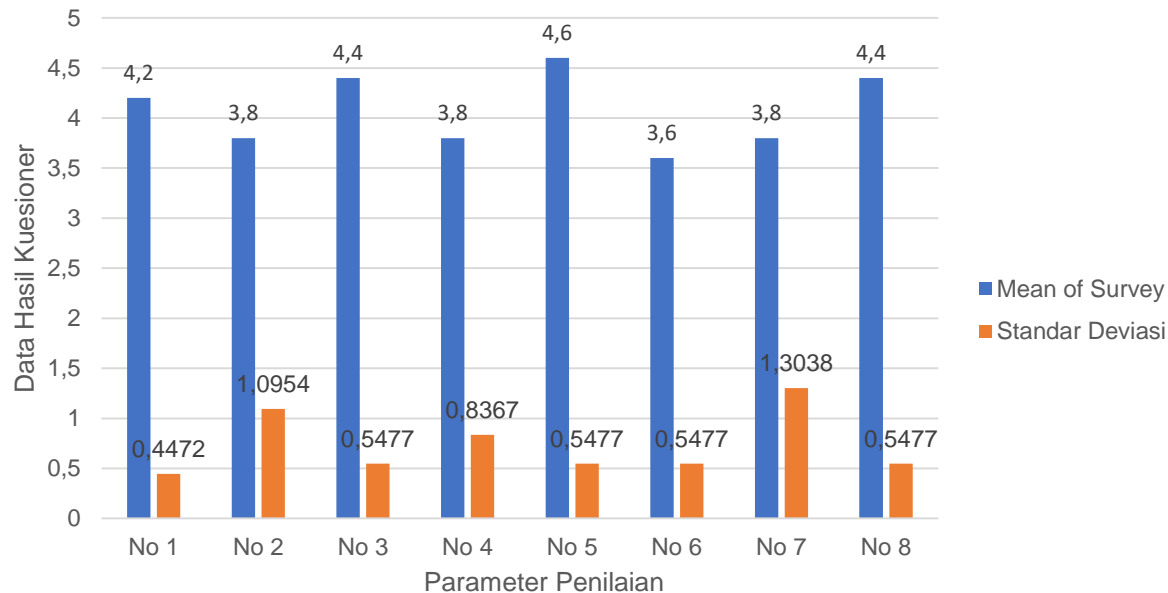
Confidence Level = 80%

$n = 5$

$T = 1,533$

Mean of Survey = 4,1

Data Hasil Kuesioner Berdasarkan Responden Memahami Pembangkit Listrik Virtual



a

No	Parameter Penilaian	Mean of Survey	Margin of Error	Confidence Interval
1.	Mampu mempelajari alur kerja dari platform dengan singkat	4,2	0,3066	3,8934 - 4,5066
2.	Mampu memahami fitur yang terdapat pada node editor	3,8	0,751	3,049 - 4,551
3.	Penggunaan node editor dapat mendukung konfigurasi pada platform	4,4	0,3755	4,0245 - 4,7755
4.	Mampu mempelajari penggunaan node editor dengan singkat	3,8	0,5736	3,2264 - 4,3736
5.	Dibutuhkan training dalam mengoperasikan node editor	4,6	0,3755	4,2245 - 4,9755
6.	Tampilan antarmuka pada setiap klien secara keseluruhan menarik	3,6	0,3755	3,2245 - 3,9755
7.	Tampilan node editor secara keseluruhan mudah dipahami dan menarik	3,8	0,8939	2,9061 - 4,6939
8.	Detail informasi yang ditampilkan pada tabel dan grafik sudah jelas	4,4	0,3755	4,0245 - 4,7755

b

Hasil dan Analisis *Usability Testing* [2]

Responden Tidak Memahami Pembangkit Listrik Virtual

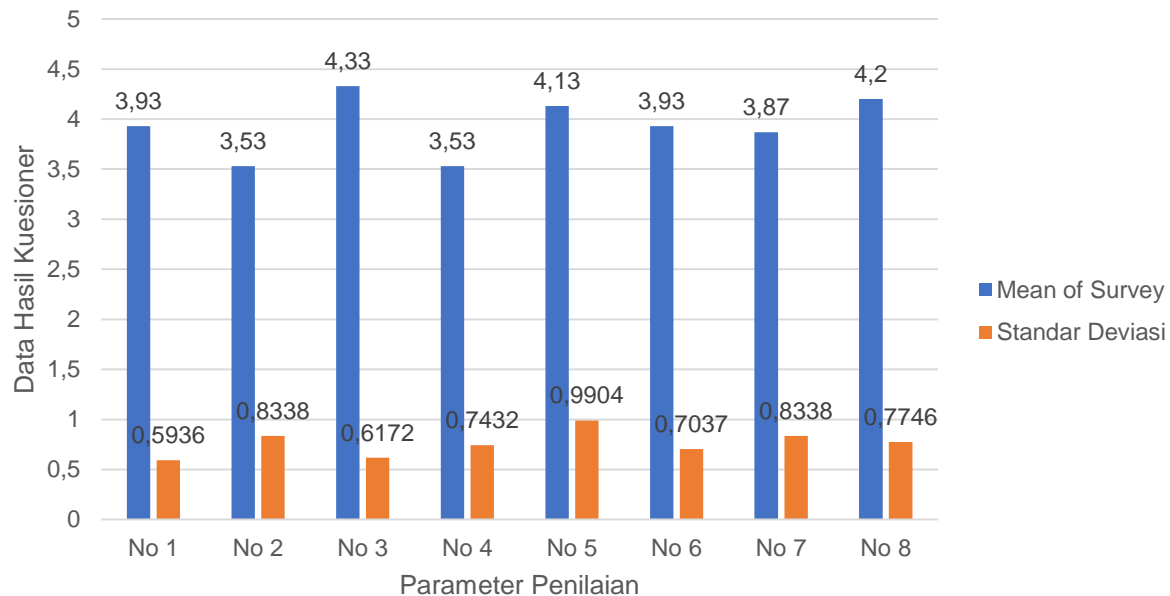
Confidence Level = 80%

n = 15

T = 1,345

Mean of Survey = 3,93

Data Hasil Kuesioner Berdasarkan Responden Tidak Memahami Pembangkit Listrik Virtual



a

No	Parameter Penilaian	Mean of Survey	Margin of Error	Confidence Interval
1.	Mampu mempelajari alur kerja dari platform dengan singkat	3,93	0,2061	3,7272 - 4,1395
2.	Mampu memahami fitur yang terdapat pada node editor	3,53	0,2896	3,2438 - 3,8229
3.	Penggunaan node editor dapat mendukung konfigurasi pada platform	4,33	0,2143	4,119 - 4,5477
4.	Mampu mempelajari penggunaan node editor dengan singkat	3,53	0,2581	3,2752 - 3,7914
5.	Dibutuhkan training dalam mengoperasikan node editor	4,13	0,344	3,7894 - 4,4773
6.	Tampilan antarmuka pada setiap klien secara keseluruhan menarik	3,93	0,2444	3,6889 - 4,1777
7.	Tampilan node editor secara keseluruhan mudah dipahami dan menarik	3,87	0,2896	3,5771 - 4,1562
8.	Detail informasi yang ditampilkan pada tabel dan grafik sudah jelas	4,2	0,269	3,931 - 4,469

b



UNIVERSITAS
INDONESIA

Veritas, Probatum, Justitia

Penutup

- Penulis telah berhasil membangun *node editor* dengan Rete.js sebagai *visual programming* dapat membantu pengguna dalam melakukan konfigurasi
- Penulis telah berhasil membangun sistem pemantauan dapat membantu klien melihat seluruh aktivitas pembangkit dan beban.
- *Mean of Survey* berdasarkan responden memahami pembangkit listrik virtual yaitu 4,1 sedangkan untuk responden tidak memahami pembangkit listrik virtual yaitu 3,93.
- *Confidence interval* dengan *confidence level* 80% untuk setiap parameter ini memiliki interval yang cukup lebar dengan *margin of error* yang bervariasi yaitu 0,3066 – 0,8939 untuk responden memahami pembangkit listrik virtual sedangkan untuk responden tidak memahami pembangkit listrik virtual yaitu 0,2061 – 0,344.



UNIVERSITAS
INDONESIA
Widya, Pradiksha, Jatiwita

Saran untuk Pengembangan Selanjutnya

- Tampilan antarmuka dapat diperindah atau dikembangkan.
- Pembuatan node lain untuk mendukung platform simulasi.
- Pembentukan *pricing model* untuk mendukung transaksi.
- Pemanfaatan konsep *Big Data analytics* dan *machine learning* dalam mengolah data.



UNIVERSITAS
INDONESIA
Visitas, Produktifitas, Inovatifitas

Terima Kasih