



## Pengenalan Karakter Optis untuk Pencatatan Meter Air dengan Long Short Term Memory Recurrent Neural Network

Victor Gayuh Utomo<sup>1</sup>, Agusta Praba Ristadi Pinem<sup>2</sup>, Bernadus Very Christoko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang

<sup>3</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang

<sup>1</sup>victor@usm.ac.id\*, <sup>2</sup>agusta.pinem@usm.ac.id, <sup>3</sup>very@usm.ac.id

### Abstract

Clean water service providers in Indonesia are still recording water meters as water usage data with manual recording by record collector. Alternative solutions for recording water meters from previous research use the Internet of Things (IoT) or image recognition that is processed on a server. The solutions rely on the Internet which is unsuitable with Indonesia's condition. This study proposes a water meter reading system that can work on mobile devices without using the Internet. The system works by utilizing optical character recognition (OCR) using the Long Short Term Memory Recurrent Neural Network (LSTM-RNN) method. LSTM-RNN is a classification method in artificial neural network which has feedback. The results show that the water meter reading system could work without using an Internet connection. The average time it takes to perform the reading process is 2285ms even on Android device with low specification. The overall reading accuracy is 86%. Single value reading accuracy, when the digit meter displays only 1 number, is 97%, while the accuracy of double value reading, when the digit meter displays 2 numbers, is 18%.

*Keywords:* water meter recognition, OCR, LSTM-RNN

### Abstrak

Penyedia jasa air bersih di Indonesia masih melakukan pencatatan meter air sebagai data penggunaan air dengan pencatatan manual oleh petugas pencatat. Solusi alternatif pencatatan meter air dari penelitian sebelumnya menggunakan Internet of Things (IoT) atau pengenalan citra yang diolah di server. Solusi tersebut mengandalkan Internet yang tidak sesuai dengan kondisi di Indonesia. Penelitian ini mengusulkan sistem pembacaan meter air yang dapat bekerja pada perangkat mobile tanpa menggunakan Internet. Sistem bekerja dengan memanfaatkan pengenalan karakter optis dengan metode Long Short Term Memory Recurrent Neural Network (LSTM-RNN). LSTM-RNN adalah sebuah metode klasifikasi yang termasuk jaringan saraf tiruan dengan umpan balik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pembacaan meter air dapat bekerja tanpa menggunakan koneksi Internet. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan proses pembacaan adalah 2285ms sekalipun dilakukan pada perangkat Android yang memiliki spesifikasi rendah. Akurasi pembacaan secara keseluruhan sebesar 86%. Akurasi pembacaan nilai tunggal, ketika digit meter hanya menampilkan 1 angka, sebesar 97% sedangkan akurasi pembacaan nilai ganda, ketika digit meter menampilkan 2 angka, sebesar 18%.

Kata kunci: pencatatan meter air, pengenalan karakter optis, LSTM-RNN

### 1. Pendahuluan

Meter air adalah kebutuhan bagi penyedia jasa air bersih. Meter air ini dicatat secara berkala sebagai dasar penagihan. Di Indonesia, proses pencatatan meter seperti ini biasanya dilakukan secara manual oleh petugas yang melakukan pemeriksaan meter secara visual untuk kemudian dicatat kembali oleh pemilik jasa. air adalah kebutuhan bagi penyedia jasa air bersih. Meter air ini dicatat secara berkala sebagai dasar penagihan. Di

Indonesia, proses pencatatan meter seperti ini biasanya dilakukan secara manual oleh petugas yang melakukan pemeriksaan meter secara visual untuk kemudian dicatat kembali oleh pemilik jasa.

Proses pencatatan meter air ini sebenarnya bisa diotomatisasi dengan penggunaan Internet of Things (IoT). Penggunaan IoT ini berdasarkan penggunaan sensor untuk mengukur pemakaian air sebagai pengganti meter air analog dan data pemakaian dikirimkan ke

server melalui Internet [1]. Penelitian terkait meter air dengan IoT ini berkembang luas, mencakup penambahan fitur aplikasi mobile yang dapat diakses oleh pelanggan [2], pra bayar [3] dan untuk pelanggan di apartemen [4]. Dimungkinkan juga penggunaan meter air yang ramah lingkungan dengan sumber energi sel surya [5] dan kemampuan preservasi sumber daya air [6], [7].

Pada kondisi di Indonesia, penerapan hal ini memiliki 2 kelemahan utama. Kelemahan pertama, distribusi air bersih di Indonesia telah menggunakan meter air. Penggantian meter air konvensional dengan meter air yang dilengkapi dengan sensor membutuhkan biaya, biaya perangkat dan biaya pemasangan. Kelemahan kedua, penggunaan IoT membutuhkan koneksi Internet yang cukup baik [8], [9]. Hal ini tidak sesuai dengan keadaan Indonesia yang memiliki jangkauan koneksi Internet yang belum merata [10], [11]. Peletakan meter air secara fisik yang tidak ideal juga mempengaruhi kekuatan sinyal yang dapat memperburuk koneksi Internet [12].

Penelitian [13], [14] mengacu pada pencatatan meter yang tidak berdasarkan IoT. Keduanya memanfaatkan perangkat mobile untuk mendapatkan citra meter air. Perangkat mobile juga digunakan untuk melakukan pra proses, utamanya untuk membatasi Region of Interest (ROI). Citra hasil pra proses kemudian dikirimkan melalui internet untuk dikenali dan mendapatkan hasil pembacaan meter air. Kedua penelitian ini masih memiliki kelemahan yang hampir sama dengan metode IoT, yaitu ketergantungan terhadap koneksi Internet. Sekalipun pembatasan ROI secara umum akan mengurangi besaran data untuk dikirim melalui Internet, pada keadaan koneksi Internet yang terputus, sistem pencatatan meter air tidak akan bekerja.

Penelitian lain untuk pembacaan meter air dilakukan oleh [15]. Penelitian ini memanfaatkan metode pengenalan citra berupa algoritma proyeksi vertikal untuk melakukan pembacaan meter air. Keseluruhan tahapan mulai dari pra proses hingga hasil akhir dapat dilakukan tanpa membutuhkan koneksi Internet. Hanya saja sistem pada penelitian ini tidak dijelaskan secara pasti berjalan pada perangkat mobile atau komputer. Hasil penelitian juga tidak menunjukkan pembacaan nilai ganda. Nilai ganda adalah nilai yang ditampilkan suatu digit ketika sedang mengalami transisi dan menampilkan dua nilai sekaligus. Padahal hal ini adalah hal yang sering ditemui pada meter air analog yang banyak digunakan di Indonesia.

Penelitian yang menggunakan perangkat mobile tanpa koneksi Internet untuk melakukan pembacaan meter digital adalah [16]. Penelitian ini memanfaatkan pengenalan karakter optis yang sudah banyak digunakan pada perangkat mobile, misalnya untuk deteksi produk halal [17]. Penggunaan pengenalan karakter optis pada perangkat mobile menguntungkan karena relatif ringan

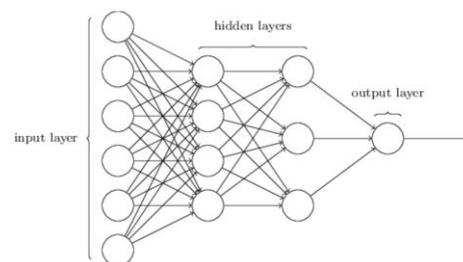
[18]. Hanya saja sistem pada penelitian ini masih digunakan untuk membaca meter dengan seven segment yang tidak menampilkan nilai ganda seperti meter air analog.

Penelitian kali ini mengusulkan sebuah metode pencatatan meter air yang sesuai dengan kondisi di Indonesia yaitu dapat bekerja tanpa koneksi Internet dan dapat membaca meter air analog. Berdasarkan penelitian terdahulu maka penelitian ini menggunakan pengenalan karakter optis. Agar dapat mengenali meter air analog digunakan metode Long Short Term Memory Recurrent Neural Network (LSTM-RNN).

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. LSTM-RNN

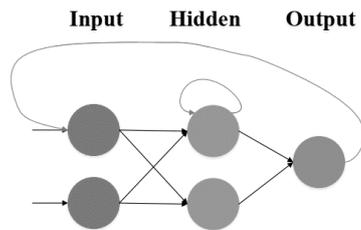
Sebuah neural network (jaringan syaraf) adalah sebuah sistem yang terdiri dari banyak elemen pengolahan sederhana yang bekerja secara parallel yang gunanya ditentukan oleh struktur jaringan, kekuatan koneksi dan pengolahan yang dilakukan oleh elemen komputasi atau node. Neural network memiliki tiga lapisan, lapisan masukan (input layer), lapisan tersembunyi (hidden layer) dan lapisan luaran (output layer). Ilustrasi neural network dapat dilihat pada gambar 1 [19].



Gambar 1. Ilustrasi Neural Network

Terdapat beberapa penerapan neural network misalnya penelitian tentang pemecahan gelombang banyak-bentuk pada fisika kuantum [20]. Neural network juga digunakan untuk melakukan prediksi kategori tumor. Menggunakan informasi umur, jenis kelamin, tipe histologi, derajat diffe, status tulang, sumsum tulang, paru-paru, hati, otak, kulit, leher dan perut sebagai masukan [21]. Neural network dapat digunakan untuk melakukan perkiraan sebaran cahaya oleh partikel nano multilayer [22].

Rancangan neural network pada umumnya bekerja dengan anggapan bahwa semua masukan atau semua luaran saling bebas. Recurrent Neural Network (RNN) memungkinkan sebuah neural network dapat bekerja pada kasus masukan dan luaran saling berhubungan. RNN juga memungkinkan sebuah neuron pada sebuah layer terhubung dengan neuron pada layer sebelumnya. Hal yang tampak sederhana ini memungkinkan neural network tidak hanya bergantung pada masukan saat ini tapi juga input sebelumnya. Ilustrasi RNN dapat dilihat pada gambar 2 [23].



Gambar 2. Ilustrasi Recurrent Neural Network

Network Long Short-Term Memory (LSTM) dikembangkan dengan tujuan untuk mengatasi masalah gradien yang menghilang pada Recurrent Neural Network. Penambahan utama pada rancangan LSTM adalah dengan menyertakan kontrol non-linear dan data-dependent pada neuron RNN yang dapat dilakukan proses training untuk memastikan bahwa gradien fungsi hasil terhadap sinyal state tidak menghilang. Neuron LSTM dapat diturunkan dari neuron RNN kanonik dengan menambahkan perubahan yang membuat sistem efektif dan lincah [24].

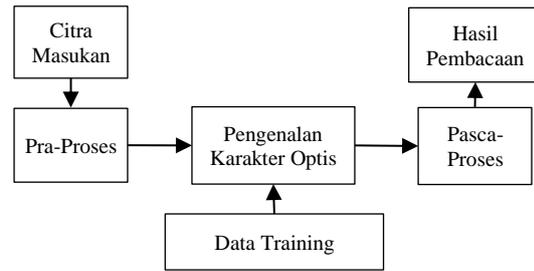
Penelitian tentang LSTM-RNN telah banyak dilakukan. LSTM-RNN digunakan untuk melakukan prediksi beban kerja pada data center berbasis komputasi awan [25]. LSTM-RNN juga telah digunakan untuk membuat model prediksi tenaga yang dihasilkan sel photovoltaic [26]. LSTM-RNN juga dapat digabungkan dengan metode CNN-Sliding Window untuk melakukan prediksi harga saham [27]. Penggunaan LSTM-RNN pada perangkat mobile juga telah dilakukan untuk speech synthesizers [28].

## 2.2. Rancangan Sistem

Rancangan sistem dibuat dengan tahapan berdasar [29] dengan penyesuaian yang diperlukan. Penelitian yang diusulkan memiliki alur penelitian yang terdapat pada Gambar 3.

Tahapan awal sistem bekerja seperti digambarkan pada gambar 3 berawal dari citra masukan. Sesuai dengan topik penelitian maka citra masukan ini berupa citra meter air. Citra masukan ini perlu diolah pada tahap pra-proses untuk mendapatkan citra yang dapat diolah pada tahap berikutnya. Tahap berikutnya adalah pengenalan karakter optis yang bekerja dengan metode LSTM-RNN. Sesuai dengan cara kerja metode LSTM-RNN maka dibutuhkan data training dalam proses pengenalan. Hasil dari pengenalan karakter optis diolah sekali lagi pada tahap pasca-proses untuk memperbaiki kesalahan hasil pembacaan. Hasil dari tahap pasca-proses adalah hasil akhir dari sistem berupa nilai meter air.

Tahap pra-proses dilakukan dengan bantuan aplikasi ImageMagick yang mampu melakukan pengolahan citra pada banyak citra sekaligus. Tahap pra-proses sebenarnya melalui beberapa pengolahan tetapi ada 2 pengolahan yang utama, yaitu masking dan pembuatan data biner.



Gambar 3. Rancangan Sistem

Pengolahan masking berguna untuk menghilangkan bagian-bagian yang tidak diinginkan pada citra dengan cara menggabungkan beberapa citra. Pada penelitian ini, masking digunakan untuk menghilangkan bagian-bagian bukan angka pada citra meter.

Pembuatan data biner. Pengenalan citra optis bekerja paling baik pada citra monokrom yang menggunakan data biner. Citra masukan yang berasal dari potret memiliki informasi warna yang lebih banyak atau setidaknya *grayscale*. Pengolahan ini akan mengubah informasi warna, utamanya dengan mengatur threshold, agar citra menjadi monokrom.

Tahapan pasca-proses dibutuhkan hanya pada hasil pengenalan karakter yang tidak sempurna. Ada 2 pengolahan yang utama yang dilakukan pada tahap pasca-proses ini yaitu penghapusan box dan perubahan karakter non angka.

Pengenalan karakter pada penelitian ini menghasilkan karakter dalam box. Hasil dari pra-proses yang terkadang tidak sempurna menghasilkan gambar yang masih memiliki noise. Noise ini terkadang dikenali sebagai box padahal semestinya tidak. Box semacam ini yang dihapus.

Digit meter air menampilkan angka dalam bentuk yang bisa saja tidak tepat, bisa dalam posisi yang terlalu tinggi atau terlalu rendah atau yang terburuk menampilkan dua angka sekaligus. Kondisi seperti ini kadang memicu dikenalnya karakter non-angka. Karakter ini diubah menjadi angka dengan aturan heuristik.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Data dan Purwarupa

Data yang digunakan adalah data publik yang diunduh dari <https://github.com/jiarenf/Water-Meter-Number-DataSet> dan telah digunakan pada penelitian lain sebelumnya [30]. Sebanyak 50 citra meter air digunakan sebagai data pada penelitian ini. Setiap data meter air terdiri dari 5 digit angka.

Sesuai dengan cara kerja meter air analog, sering terjadi sebuah digit tidak menampilkan tepat sebuah nilai. Pada kondisi ini sebuah digit akan menampilkan dua buah angka secara bersamaan. Pada penelitian ini, kondisi semacam ini disebut nilai ganda. Digit yang

menampilkan hanya sebuah angka disebut sebagai nilai tunggal.

Dari 50 citra yang digunakan, terdapat 31 citra meter air yang mengandung nilai ganda. Terdapat 27 citra meter air menampilkan nilai ganda pada digit ke 5. Nilai ganda juga ditunjukkan pada digit ke 4 dan 5 sekaligus. Hal ini terjadi pada 4 citra meter air.

Penelitian mengembangkan purwarupa untuk sistem pencatatan meter air yang berjalan pada perangkat mobile berbasis Android. Cuplikan layar dari purwarupa yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Sistem

Purwarupa terdiri dari beberapa bagian, yaitu citra meter asli, citra hasil pra proses, progress pembacaan, hasil pembacaan dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses pembacaan. Proses pembacaan dilakukan secara luring tanpa menggunakan koneksi Internet.

### 3.2. Performa

Untuk melihat performa sistem yang dibangun, percobaan dilakukan pada 2 perangkat. Perangkat 1 mewakili perangkat pada kelas menengah bawah sedangkan perangkat 2 mewakili perangkat kelas atas. Perangkat 1 memiliki spesifikasi SOC Snapdragon 625 (8 core Cortex A53 hingga 2 GHz) dengan fabrikasi 14nm, RAM sebesar 3GB dan media penyimpanan sebesar 32GB. Perangkat 2 memiliki spesifikasi SOC Snapdragon 855+ (1 core Kryo 485 Gold hingga 2.84GHz, 3 core Kryo 485 Gold hingga 2.42GHz, 4 core Kryo 485 Silver hingga 1.8GHz) dengan fabrikasi 7nm, RAM sebesar 12GB dan media penyimpanan sebesar 256GB.

Untuk menjaga performa, percobaan pembacaan dilakukan pada kedua perangkat dengan sebelumnya mengosongkan recent apps. Setiap perangkat melakukan proses pembacaan untuk setiap data sebanyak 2 kali. Statistik dari hasil percobaan ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Statistik Waktu Pembacaan Meter Air

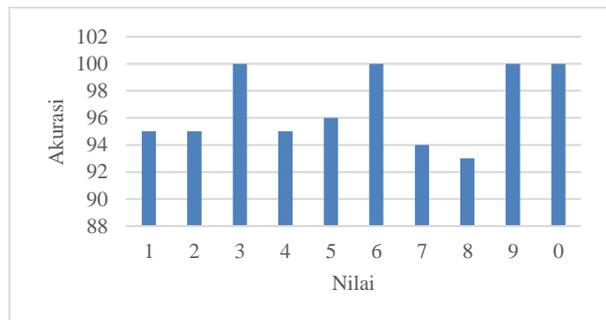
Perangkat	Rata-Rata (ms)	Minimal (ms)	Maksimal (ms)
Perangkat 1	2285	626	3245
Perangkat 2	481	181	902

Dari statistik yang ditampilkan pada tabel 1 dapat dilihat bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh perangkat 1 mencapai 4.75 kali lebih besar dari perangkat 2. Perbedaan waktu yang mencolok secara konsisten juga terjadi pada waktu minimal dan waktu maksimal. Sekalipun demikian, melihat waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh perangkat 1 untuk melakukan proses pembacaan yang sebesar 2285ms hal ini masih dirasa cukup baik. Demikian pula waktu maksimal yang dibutuhkan untuk proses pembacaan (kondisi terburuk) masih bisa diterima yaitu sebesar 3245ms. Tentunya penggunaan perangkat yang lebih baik akan dapat meningkatkan performa sistem yang dibangun.

### 3.3. Akurasi Pembacaan

Akurasi pembacaan pertama diperhitungkan dari ketepatan membaca digit yang menampilkan nilai tunggal. Sebagai catatan, kedua perangkat yang digunakan pada penelitian memberikan hasil pembacaan yang identik sehingga tidak dilakukan perbandingan hasil pembacaan antar perangkat. Akurasi pembacaan berdasarkan nilai tunggal dapat dilihat pada grafik 1.

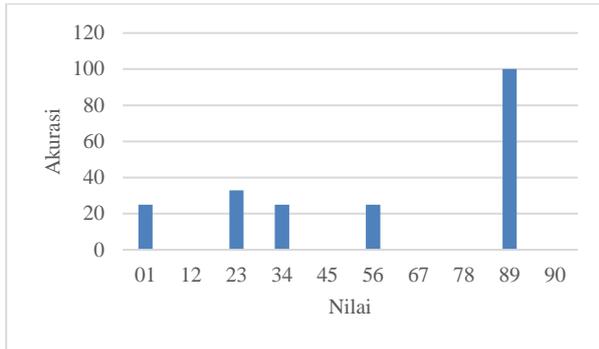
Grafik 1. Akurasi Pembacaan Nilai Tunggal



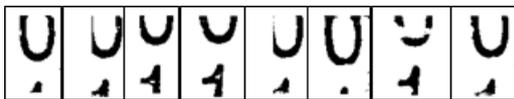
Seperti terlihat pada grafik 1, akurasi maksimal pembacaan sangat baik karena dapat mencapai 100%. Secara keseluruhan, rata-rata akurasi pembacaan juga sangat baik dan mencapai 97%. Akurasi terendah juga masih baik, yaitu 93%. Akurasi terendah ini terjadi pada pembacaan nilai 8. Sekalipun masih dapat disempurnakan, secara umum akurasi pembacaan untuk nilai tunggal sudah baik dan tidak ada masalah berarti.

Selain nilai tunggal, diperhitungkan juga akurasi pembacaan nilai ganda. Secara keseluruhan terdapat 34 nilai ganda yang terdapat pada data yang digunakan pada penelitian ini. Akurasi pembacaan berdasarkan nilai ganda dapat dilihat pada grafik 2.

Grafik 2. Akurasi Pembacaan Nilai Ganda



Sumbu nilai pada grafik 2 menampilkan 2 angka sesuai dengan digit meter air yang menampilkan kedua nilai tersebut. Misalnya, nilai 56 berarti digit meter air menampilkan angka 5 dan 6. Hasil pada tabel 3 menunjukkan akurasi pembacaan nilai ganda yang buruk. Hingga 5 nilai memiliki akurasi 0% dan rata-rata akurasi 18% membuat akurasi tertinggi di 100% dapat dilihat sebagai outlier.



Gambar 5. Citra Nilai Ganda 01

Hal ini sebenarnya sangat menarik, mengingat bahwa penggunaan LSTM-RNN sebenarnya ditujukan untuk mengatasi nilai ganda seperti ini [31]. Hanya saja hasilnya sangat jauh dari harapan. Peneliti melakukan analisa lebih lanjut untuk melihat penyebab kesalahan baca nilai ganda. Gambar 5 menunjukkan citra hasil pra-proses yang menampilkan nilai ganda 01.

Nilai ganda 01 yang tertampil pada gambar 5 berasal dari 8 citra yang berbeda. Nilai ganda 01 dipilih karena memiliki frekuensi kemunculan tertinggi pada penelitian ini. Pada tiap citra dapat dilihat, persentase tampil bagian 0 dan bagian 1 berbeda-beda. Ada yang angka nol dan angka satunya memiliki persentase tampil 50% atau nampak sama besar pada citra. Ada pula yang angka nolnya nampak lebih mendominasi dengan persentase tampil hingga sekitar 70% hingga 85%. Beragamnya persentase tampil ini menurut peneliti menyebabkan banyaknya kebutuhan citra training nilai ganda. Hal ini dikarenakan kebutuhan untuk mencakup semua keragaman persentase tampil. Bahkan pada penelitian ini tidak ada citra yang menampilkan nilai ganda 01 dengan angka 1 yang mendominasi.

Analisa lain yang dapat diungkapkan peneliti adalah terkait frekuensi kemunculan nilai ganda. Tabel 2 menampilkan statistik sederhana frekuensi kemunculan nilai tunggal dibandingkan nilai ganda.

Untuk setiap nilai tunggal, frekuensi kemunculan rata-rata adalah 21.6 sedangkan untuk setiap nilai ganda, frekuensi kemunculan rata-rata hanya 3.4. Berdasarkan hal ini, maka nilai ganda memiliki frekuensi kemunculan

yang jauh lebih rendah dibandingkan nilai tunggal. Dari data pada tabel 2, hal yang sama juga berlaku jika analisa dilakukan terhadap frekuensi kemunculan maksimal dan minimal sebuah nilai. Rendahnya frekuensi kemunculan dapat dipahami karena sebenarnya nilai ganda dominan muncul pada digit terakhir. Pada penelitian ini, dari 34 nilai ganda yang ada, 31 berada pada digit ke-5 (terakhir) dan 3 pada digit ke-4.

Tabel 2. Statistik Kemunculan Nilai Tunggal dan Ganda

Statistik	Nilai Tunggal	Nilai Ganda
Maksimal	42	8
Minimal	10	1
Rata-rata	21.6	3.4

Rendahnya frekuensi kemunculan ini tentunya membuat rendahnya data training yang dapat diberikan pada sistem. Digabungkan dengan masalah frekuensi tampil yang telah dijelaskan maka sebenarnya jumlah data training nilai ganda ini secara relatif sangat rendah. Memang kualitas data training tidak hanya soal banyaknya data, ada hal lain yang harus diperhatikan, tetapi tetap saja jumlah data training nilai ganda pada penelitian ini terlalu rendah.

Peneliti sudah mencoba mencari hasil pembandingan. Dengan menggunakan data training generik, sistem memberikan hasil yang bias dan tidak dapat digunakan. Hal ini karena ketika hasil pengenalan karakter optis memberikan hasil non karakter maka pada tahap pasca-proses akan diubah menjadi 0. Sementara penelitian ini secara kebetulan terdapat banyak nilai ganda 01, sehingga hasil 0 ini seolah-olah memberikan hasil yang benar. Peneliti juga mencoba dengan beberapa pembaca karakter optis yang ditawarkan di Internet untuk melakukan pembacaan nilai ganda ini. Hasilnya juga terlalu beragam untuk dapat ditarik kesimpulan yang berarti.

Dari dua akurasi pembacaan, nilai tunggal dan ganda, diambil sebuah akurasi pembacaan yang bersifat keseluruhan. Akurasi pembacaan keseluruhan adalah 86%. Hasil ini cukup baik tapi masih kurang memuaskan. Terlebih akurasi nilai ganda yang sangat rendah yang tidak sesuai dengan harapan.

#### 4. Kesimpulan

Pengenalan karakter optis dengan metode LSTM-RNN dapat diterapkan pada sistem pembacaan meter air. Sistem secara lengkap terdiri dari pra-proses, pengenalan karakter optis dan pasca-proses. Purwarupa sistem berjalan pada sistem operasi Android dan dapat melakukan proses pengenalan sepenuhnya tanpa membutuhkan koneksi Internet yang sesuai dengan kondisi di Indonesia. Pada perangkat dengan spesifikasi yang rendah, rata-rata dibutuhkan waktu 2285 ms untuk melakukan proses pembacaan sekalipun dapat meningkat hingga 481ms pada perangkat dengan spesifikasi tinggi.

Akurasi pembacaan secara keseluruhan pada 50 data yang digunakan cukup baik, yaitu sebesar 86%. Akurasi pembacaan juga dapat dianalisa berdasarkan nilai atau angka yang ditampilkan pada sebuah digit meter. Ketika suatu digit hanya menampilkan 1 angka atau nilai tunggal, akurasi pembacaan dapat mencapai 97%. Ketika suatu digit menampilkan 2 angka atau nilai ganda, akurasi pembacaan hanya sebesar 18%. Adanya nilai tunggal dan nilai ganda ini adalah keniscayaan pada perangkat meter air analog.

Buruknya akurasi pembacaan nilai ganda bukanlah suatu hasil yang diharapkan dari metode LSTM-RNN. Peneliti mengungkapkan 2 penyebab buruknya akurasi nilai ganda. Penyebab pertama adalah persentase tampil untuk setiap angka yang beragam. Penyebab kedua adalah rendahnya frekuensi kemunculan untuk setiap nilai ganda, dibanding nilai tunggal, yang mempengaruhi jumlah data training.

Penelitian lebih lanjut terkait peningkatan akurasi nilai ganda perlu dilakukan agar akurasi pembacaan secara keseluruhan dapat meningkat. Perubahan data atau perubahan cara training mungkin dibutuhkan.

Purwarupa juga sebaiknya dilengkapi dengan pengambilan gambar dan pengolahan tahap pra-proses. Penelitian lebih lanjut dengan integrasi purwarupa dengan sistem informasi meter air juga perlu dilakukan untuk melihat efektivitasnya.

### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Semarang atas sumber dana penelitian dengan nomor kontrak 057/USM.H7.LPPM/L/2020.

### Daftar Rujukan

- [1] P. Mwangi, E. Mwangi, and P. M., "A Low Cost Water Meter System based on the Global System for Mobile Communications," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 142, no. 12, pp. 7–12, 2016.
- [2] M. Suresh, U. Muthukumar, and J. Chandapillai, "A novel smart water-meter based on IoT and smartphone app for city distribution management," in *TENSYMP 2017 - IEEE International Symposium on Technologies for Smart Cities*, 2017, pp. 1–5.
- [3] M. Taufik, A. E. Rakhmania, and Y. N. Afnani, "Prepaid water meter card based on internet of things," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 732, no. 1, 2020.
- [4] D. Anandhavalli, K. S. Sangeetha, V. P. Dharshini, and B. L. Fathima, "Smart Meter for Water Utilization using IoT," pp. 4–7, 2018.
- [5] W. Wang *et al.*, "Self-Powered Intelligent Water Meter for Electrostatic Scale Preventing, Rust Protection, and Flow Sensor in a Solar Heater System," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 11, no. 6, pp. 6396–6403, 2019.
- [6] R. Bhoge, A. Shelke, R. Budhe, and R. Parbat, "SMART WATER METER AND SUPPLY CONTROLLING SYSTEM USING IOT," no. 12, pp. 276–283, 2020.
- [7] A. Moahloli, A. Marnewick, and J. H. C. Pretorius, "Domestic water meter optimal replacement period to minimize water revenue loss," *Water SA*, vol. 45, no. 2, pp. 165–173, 2019.
- [8] V. Chien Thang, "A Comparative Study of Data Collection Routing Protocols for Water Meter Reading Devices Network," *Int. J. Wirel. Microw. Technol.*, vol. 10, no. 6, pp. 1–8, 2020.
- [9] X. Chen, L. Wang, F. Zhang, L. Zhang, and M. Jiang, "An Overall Design Method of Intelligent Remote Water Meter Remote Reading System," vol. 7, no. 8, pp. 179–184, 2020.
- [10] F. A. Prasetya, "Menteri Johnny Janjikan Internet 4G Akan Tersedia di Seluruh Indonesia Paling Lambat Tahun 2022," 2020. [Online]. Available: <https://www.tribunnews.com/techno/2020/08/22/menteri-johnny-janjikan-internet-4g-akan-tersedia-di-seluruh-indonesia-paling-lambat-tahun-2022>. [Accessed: 26-Aug-2020].
- [11] N. Bulukumba, "Perjuangan Siswa di Selayar Belajar Online, Naik Turun Gunung untuk Cari Sinyal," 2020. [Online]. Available: <https://regional.kompas.com/read/2020/07/17/19125781/perjuangan-siswa-di-selayar-belajar-online-naik-turun-gunung-untuk-cari?page=all.%0A>. [Accessed: 26-Aug-2020].
- [12] C. Wechtaisong, P. Chamnanka, and C. Prommak, "Efficient placement of femtocell base stations for 4G-LTE networks in multi-floor buildings," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 320–325, 2017.
- [13] C. Li, Y. Su, R. Yuan, D. Chu, and J. Zhu, "Light-Weight Spliced Convolution Network-Based Automatic Water Meter Reading in Smart City," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 174359–174367, 2019.
- [14] A. N. Hasanah and A. Andika, "W-COMVIS : Water Meter Reader Application With Image Recognition For Billing Management," in *eProceedings of Applied Science*, 2020, vol. 6, no. 2, pp. 2533–2549.
- [15] S. Chaki, D. Akter Shila, and N. Jahan, "Automation of water meter billing process based on digital image processing approach," *J. Adv. Technol. Eng. Res.*, vol. 5, no. 5, 2019.
- [16] K. Kanagarathinam and K. Sekar, "Text detection and recognition in raw image dataset of seven segment digital energy meter display," *Energy Reports*, vol. 5, pp. 842–852, 2019.
- [17] A. Yuniarti, I. Kuswardayan, R. R. Hariadi, S. Arifiani, and E. Mursidah, "Design of integrated latex: Halal detection text using OCR (Optical character recognition) and web service," *Proc. - 2017 Int. Semin. Appl. Technol. Inf. Commun. Empower. Technol. a Better Hum. Life, iSemantic 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 137–141, 2017.
- [18] S. Alshehri, "English Characters OCR Pertinent for Mobile Devices."
- [19] H. H. Heriz, H. M. Salah, S. Bashir, A. Abdu, M. M. El Sbihi, and S. S. Abu-Naser, "English Alphabet Prediction Using Artificial Neural Networks," *Int. J. Acad. Pedagog. Res.*, vol. 2, no. 11, pp. 8–14, 2018.
- [20] G. Carleo and M. Troyer, "Solving the quantum many-body problem with artificial neural networks," *Science (80-. )*, vol. 355, no. 6325, pp. 602–606, 2017.
- [21] I. M. Nasser and S. S. Abu-Naser, "Predicting Tumor Category Using Artificial Neural Networks," *Int. J. Acad. Heal. Med. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–7, 2019.
- [22] J. Peurifoy *et al.*, "Nanophotonic particle simulation and inverse design using artificial neural networks," *Sci. Adv.*, vol. 4, no. 6, pp. 1–8, 2018.
- [23] M. Chen, U. Challita, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, "Artificial Neural Networks-Based Machine Learning for Wireless Networks: A Tutorial," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 21, no. 4, pp. 3039–3071, 2019.
- [24] A. Sherstinsky, "Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) network," *Phys. D Nonlinear Phenom.*, vol. 404, no. March, pp. 1–43, 2020.
- [25] J. Kumar, R. Goomer, and A. K. Singh, "Long Short Term Memory Recurrent Neural Network (LSTM-RNN) Based Workload Forecasting Model for Cloud Datacenters," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 125, pp. 676–682, 2018.
- [26] M. Abdel-Nasser and K. Mahmoud, "Accurate photovoltaic power forecasting models using deep LSTM-RNN," *Neural Comput. Appl.*, vol. 31, no. 7, pp. 2727–2740, 2019.
- [27] S. Selvin, R. Vinayakumar, E. A. Gopalakrishnan, V. K. Menon, and K. P. Soman, "Stock price prediction using LSTM, RNN and CNN-sliding window model," *2017 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Informatics, ICACCI 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1643–

- 1647, 2017.
- [28] H. Zen, Y. Agiomyrgiannakis, N. Egberts, F. Henderson, and P. Szczepaniak, "Fast, compact, and high quality LSTM-RNN based statistical parametric speech synthesizers for mobile devices," *Proc. Annu. Conf. Int. Speech Commun. Assoc. INTERSPEECH*, vol. 08-12-Sept, pp. 2273–2277, 2016.
- [29] N. Sourvanos and G. Tsatiris, "Challenges in input preprocessing for mobile OCR applications: A realistic testing scenario," *2018 9th Int. Conf. Information, Intell. Syst. Appl. IISA 2018*, 2019.
- [30] F. Yang, L. Jin, S. Lai, X. Gao, and Z. Li, "Fully convolutional sequence recognition network for water meter number reading," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 11679–11687, 2019.
- [31] S. Pan, L. Han, Y. Tao, and Q. Liu, "Study on Indicator Recognition Method of Water Meter Based on Convolution Neural Network," in *International Conference on Big Data and Security (ICBDS 2019)*, 2019, pp. 594–602.