

RANCANG BANGUN *DIGITAL TWIN* UNTUK SISTEM NETRALISASI PH PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH BATIK SKALA LABORATORIUM



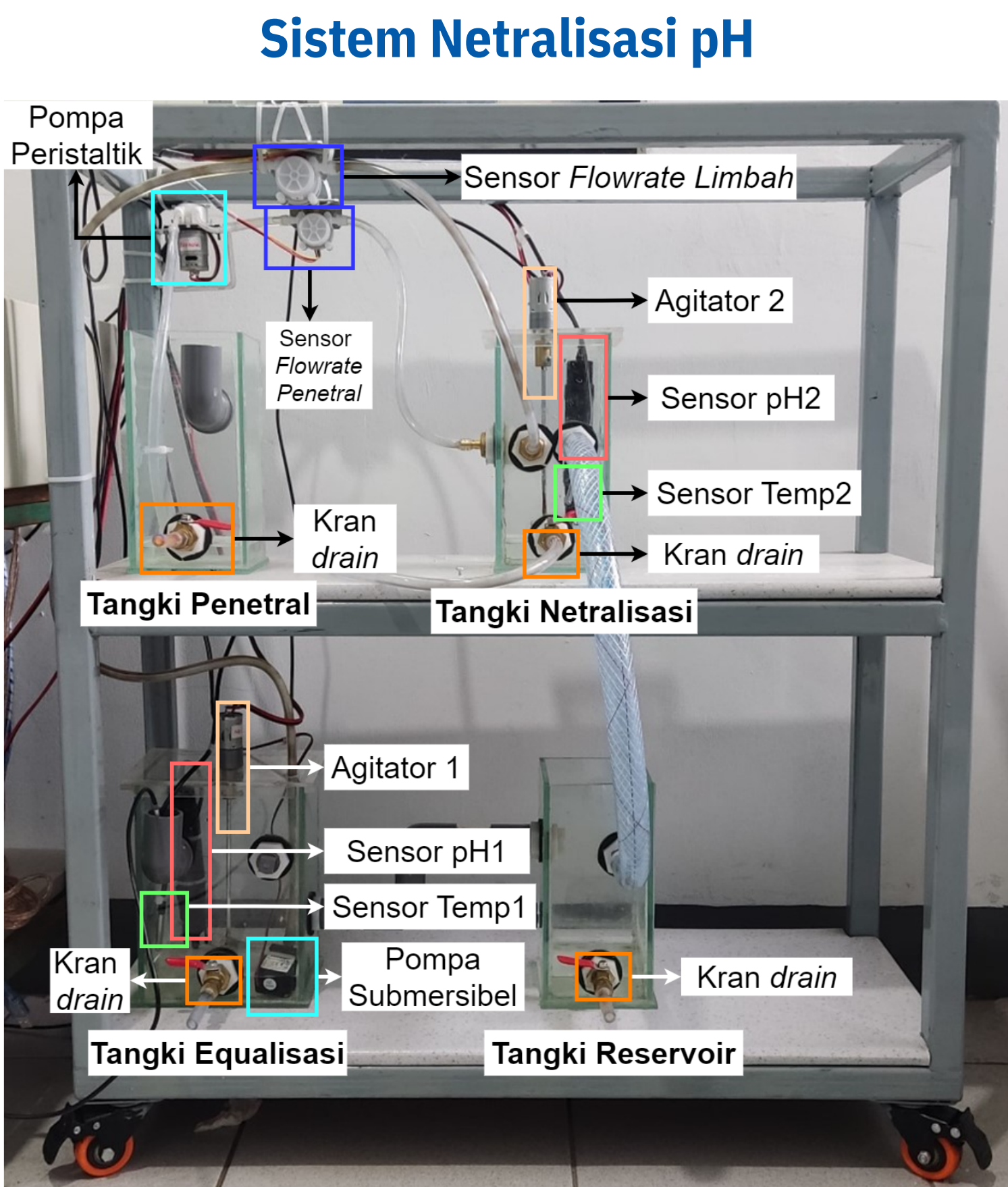
M. Hamzah Rizaluzzaman B - 13320020
Pembimbing 1 : Ir. Estiyanti Ekawati, M.T., Ph.D.
Pembimbing 2 : Ashari Budi Nugraha, S.T., M.T.

Batik adalah seni budaya Indonesia yang diakui UNESCO. Hal ini meningkatkan potensi poduksi di **industri batik**. Namun, industri batik menghasilkan limbah berbahaya seperti nilai **pH yang tinggi**, yang merusak lingkungan. Salah satu proses pengolahan adalah **proses netralisasi pH**. Karakteristik pH limbah yang digunakan bernilai 9,5. Proses netralisasi pH dikontrol dengan menggunakan kontrol adaptif *Model Reference Adaptive Control*. Penelitian ini akan merancang dan membangun *Digital Twin* yang dapat melakukan simulasi kalang terbuka, akuisisi data, identifikasi model, dan simulasi kontrol.

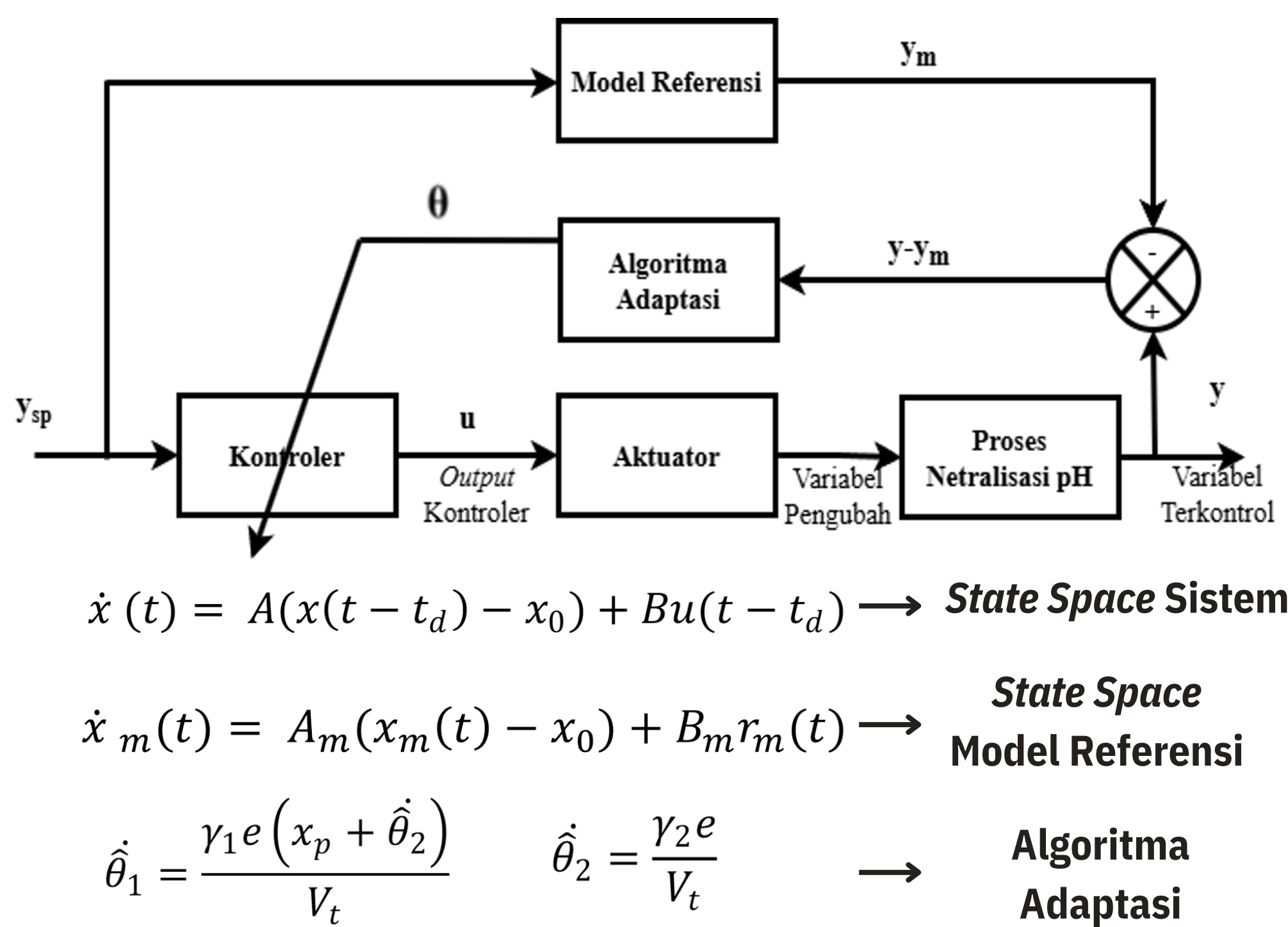
TUJUAN

- 1.Mengakuisisi data dari sistem netralisasi pH limbah batik skala laboratorium menggunakan sensor pH, laju aliran, dan temperatur dengan bantuan *ThingSpeak*.
- 2.Mengidentifikasi karakteristik dinamik proses netralisasi pH pada sistem skala laboratorium.
- 3.Merancang sistem kontrol adaptif nonlinier untuk sistem netralisasi pH limbah batik.
- 4.Merancang *digital twin* untuk merepresentasikan sistem netralisasi pH limbah batik skala laboratorium.

METODOLOGI



Perancangan Kontrol MRAC

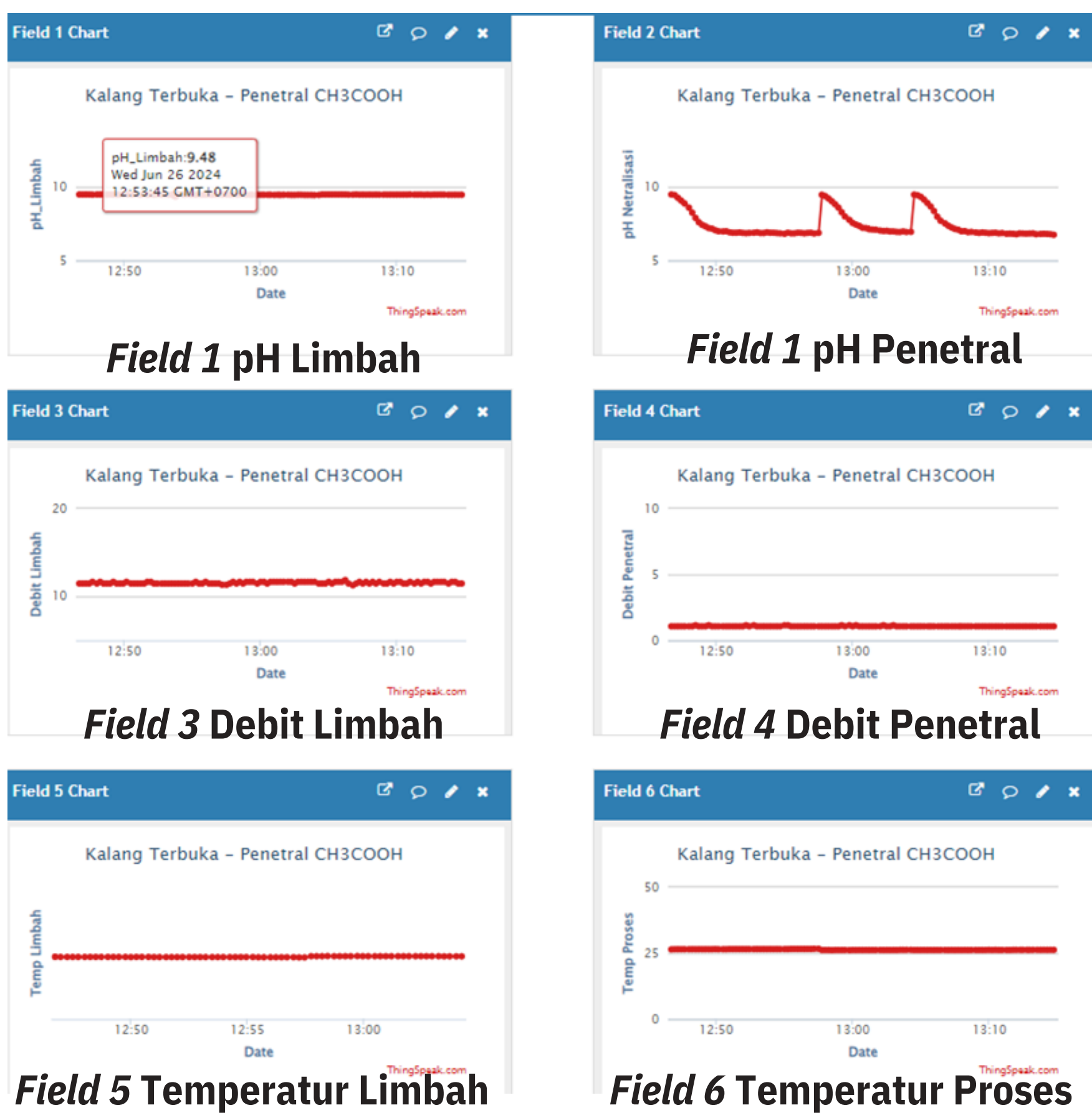


Penelitian dilakukan dengan simulasi kalang terbuka yang kemudian diimplementasikan pada sistem netralisasi pH. Simulasi kalang terbuka dilakukan dengan variasi nilai parameter debit limbah, debit penetral, serta konsentrasi penetral. Bacaan sensor dikomunikasikan ke *ThingSpeak* sebagai *database* dan visualisasi data. Data dari *ThingSpeak* dibaca oleh *digital twin* dan dilakukan identifikasi model serta perancangan kontrol yang kemudian diimplementasikan kembali ke sistem netralisasi pH.

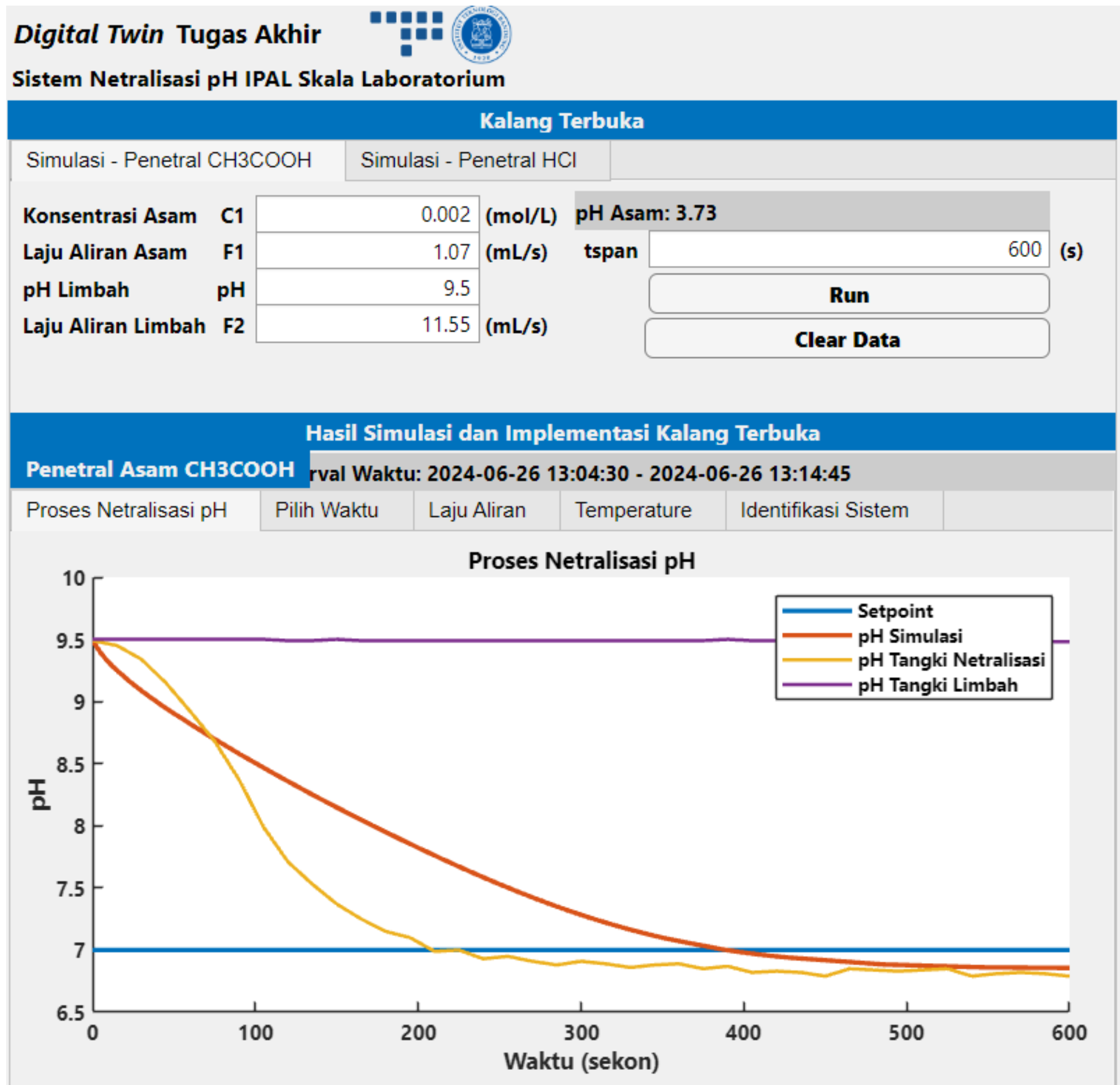
HASIL DAN ANALISIS

Tampilan Channel ThingSpeak

Akuisisi data dengan menggunakan Arduino Uno dan ESP32 ke *ThingSpeak Channel* ID 2348886 dan 2348893.



Kolom Kalang Terbuka Digital Twin

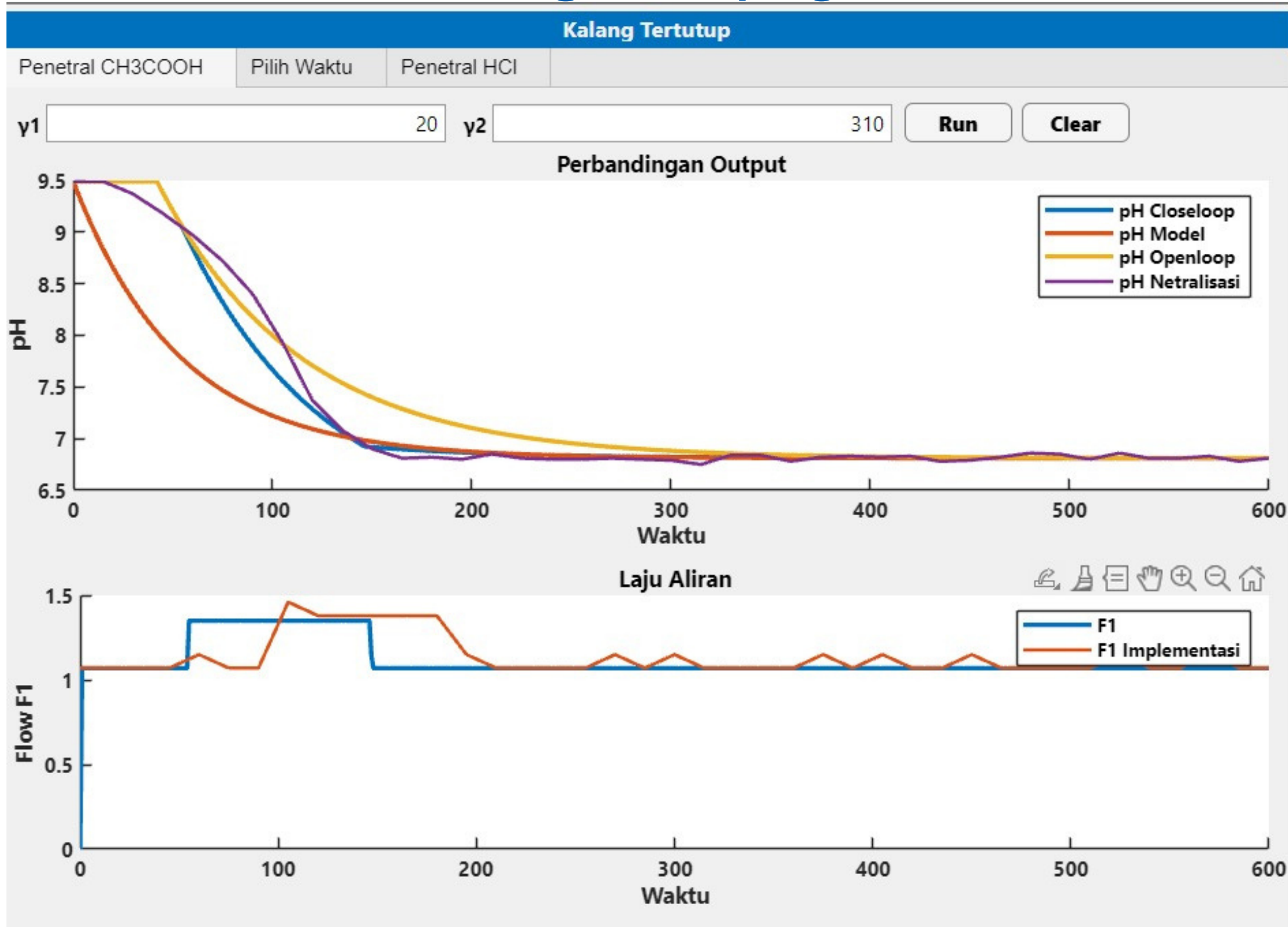


Kolom Simulasi Kalang Terbuka Sistem Netralisasi pH

Kolom Hasil Simulasi dan Implementasi Kalang Terbuka Sistem Netralisasi pH

Hasil Kalang Terbuka Gain = 2.512 /(L/detik) Tau = 72 detik Waktu Tunda = 43 detik Waktu Tunak = 350 detik

Kolom Kalang Tertutup Digital Twin



Kolom Simulasi Kalang Tertutup Sistem Netralisasi pH

Kolom Hasil Simulasi dan Implementasi Kalang Tertutup Sistem Netralisasi pH

Hasil Kalang Tertutup Waktu Tunak = 170 detik

KESIMPULAN

Telah dibangun sistem akuisisi data untuk pH, laju aliran, dan temperatur dari sistem netralisasi pH IPAL batik skala laboratorium yang disimpan di *ThingSpeak*. Identifikasi model menunjukkan model orde satu waktu tunda dengan *gain* 2.512/(L/detik), waktu tunda 43 detik, dan konstanta waktu 72 detik. Kontrol adaptif MRAC dengan model referensi dan konstanta waktu 40% lebih kecil dari kalang terbuka mempercepat waktu tunak sistem sebesar 51,4% yaitu dari 350 detik menjadi 170 detik dengan parameter adaptasi yang digunakan adalah 20 dan 310. Telah dibangun *digital twin* untuk sistem netralisasi pH IPAL batik skala laboratorium.