

Perancangan dan Simulasi Sistem hidraulik Pada *Cone Penetration Test* (CPT) menggunakan *Software Automation Studio*

Design and Simulation of Hydraulic system in the Cone Penetration Test (CPT) using the Automation Studio Software

Rudi Fesri Wandira¹, Hendri Maja Saputra², Abdurrahman Nurhakim³

¹Teknik Mekatronika Politeknik Caltex Riau

Jl. Umbansari No.1 Rumbai, Pekanbaru 28265-Riau Telp: 0761-53939, Fax:0761-554224

²Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Jl. Cisit, No.21/154D, Bandung 40135, Indonesia (022) 2503055

³Department of Electrical Engineering, UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Jalan A.H Nasution 105, Cibiru - Bandung 40614, Indonesia

rudi17tm@mahasiswa.pcr.ac.id^{1*}, hendri.maja@gmail.com², abdurrahmannurhakim@gmail.com³

Abstrak – Banyak faktor yang mempengaruhi kekuatan serta ketahanan tanah sebelum diberikan beban kerja, maka dari itu perlu dilakukannya proses pengujian kekuatan dan ketahanan tanah untuk keperluan pengerjaan beban kerja tersebut dengan proses sondir atau yang disebut juga dengan Cone Penetration Test (CPT). Cone Penetration Test (CPT) atau yang lebih dikenal dengan sebutan sistem sondir merupakan salah satu sistem yang umumnya digunakan secara teknis dalam proses penetrasi terhadap tanah untuk menguji kekuatan dan nilai stratigrafi bawah permukaan. Sebagian besar sistem yang ada pada Sistem Sondir atau Cone Penetration Test (CPT) menggunakan sistem hidraulik untuk menggerakkan conus penetrasi. Sistem hidraulik adalah salah satu sistem yang memanfaatkan zat cair atau fluida sebagai sumber tenaga untuk melakukan suatu gerakan tertentu. Perancangan dan simulasi sistem hidraulik yang ada pada sistem Cone Penetration Test (CPT) menggunakan sebuah software (perangkat lunak) yaitu Automation Studio Professional Edition. Automation Studio merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang serta mensimulasikan berbagai rangkaian seperti rangkaian listrik, rangkaian pneumatik, rangkaian hidraulik dan juga dapat merancang ladder diagram yang akan digunakan sebagai logika dalam pengontrolan. Karena dilengkapi dengan fitur-fitur tersebut, maka dapat dikatakan bahwa Automation Studio merupakan software desain dan simulasi rangkaian kontrol otomasi yang tepat untuk digunakan dalam merancang sebuah sistem, salah satunya sistem Cone Penetration Test (CPT).

Kata Kunci: Cone Penetration Test (CPT), sistem hidraulik, Automation Studio, desain dan simulasi

Abstract – Many factors affect the strength and endurance of the land before being given a workload, and therefore it is necessary to do the process of testing the strength and endurance of the land for the purposes of working on the workload with a sondir process or also called the Cone Penetration Test (CPT). Cone Penetration Test (CPT) or better known as the sondir system is one of the systems that are generally used technically in the process of penetrating the soil to test the strength and value of

subsurface stratigraphy. Most of the systems in the Sondir System or Cone Penetration Test (CPT) use a hydraulic system to drive the penetration cone. Hydraulic system is one system that utilizes liquid or fluid as a source of power to carry out a particular movement. The design and simulation of the hydraulic system in the Cone Penetration Test (CPT) system uses a piece of software, the Automation Studio Professional Edition. Automation Studio is a software that is used to design and simulate various circuits such as electric circuits, pneumatic circuits, hydraulic circuits and can also design ladder diagrams that will be used as logic in controlling. Because it is equipped with these features, it can be said that Automation Studio is a design software and simulation of the right automation control circuit for use in designing a system, one of which is the Cone Penetration Test (CPT) system.

Keywords: Cone Penetration Test (CPT), hydraulic systems, Automation Studio, design and simulation

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat, membuat sektor pembangunan gencar dilakukan secara besar-besaran. Perencanaan pembangunan perlu benar-benar matang dalam berbagai aspek, terutama pada aspek kekuatan dan ketahanan tanah. Baik lahan lama ataupun lahan baru harus memiliki nilai kelayakan tanah yang baik agar beban kerja yang dibangun diatas permukaan tanah dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kelayakan tanah diantaranya seperti kadar air yang terkandung dalam tanah serta komponen penyusun tanah karena setiap tanah memiliki karakteristik daya pendukung yang berbeda-beda setiap titiknya.

Perkembangan teknologi di era industri 4.0 mempermudah dalam proses pengujian kelayakan tanah ini, salah satunya adalah dengan alat sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)*. Alat Sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)* merupakan sebuah alat yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut sekitar 60° dan luasan ujung sekitar 10 cm^2 . Alat ini secara umum digunakan untuk menguji kelayakan tanah seperti menentukan sifat geoteknik tanah serta untuk menilai stratigrafi bawah permukaan tanah pada suatu lokasi yang mana nantinya akan diberikan beban kerja. Cara kerja alat ini adalah dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap 20 mm/detik , sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi (q_c) juga terus menerus diukur. Alat penetrometer yang lazim digunakan sebagian besar mempunyai selubung geser (biconus) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrometer. Salah satu keuntungan utama dari alat ini ialah bahwa tidak perlu diadakan pemboran tanah untuk penyelidikan tanah dan tes pada umumnya dilakukan pada tanah kohesif [1]. Salah satu contoh alat uji CPT dapat dilihat pada **Gambar 1** [2].

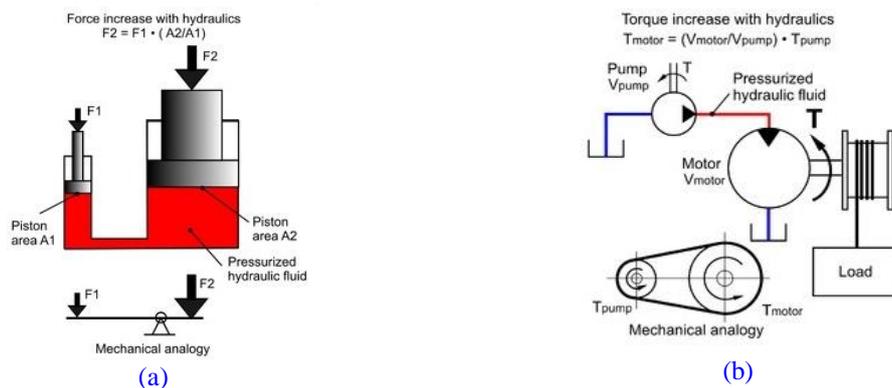


Gambar 1. Contoh alat uji Cone Penetration Test (CPT).

Selain diperoleh data nilai perlawanan penetrasi konus (q_c), dan hambatan lekat atau perlawanan geser (f_s), dari hasil uji sondir juga diperoleh data rasio gesekan (f_r), dan geseran total tanah (T_f), yang dapat digunakan untuk interpretasi lapisan tanah.

- Nilai Perlawanan Penetrasi Konus (q_c) merupakan nilai perlawanan terhadap gerakan penetrasi konus yang besarnya sama dengan gaya vertikal yang bekerja pada konus dibagi dengan luas ujung konus.
- Hambatan Lekat Atau Perlawanan Geser (f_s) merupakan nilai perlawanan terhadap gerakan penetrasi akibat geseran yang besarnya sama dengan gaya vertikal, yang bekerja pada bidang geser dibagi dengan luas permukaan selimut geser; perlawanan ini terdiri atas jumlah geseran dan gaya adhesi.
- Rasio Gesekan (R_f) Merupakan nilai yang diperoleh dari perbandingan antara nilai perlawanan geser dengan nilai perlawanan penetrasi konus (f_s/q_c), yang dinyatakan dalam persen.
- Geseran Total Tanah (T_f) Nilai geseran total merupakan nilai tahanan atau tegangan geser maksimum yang dapat ditahan oleh tanah pada kondisi pembebanan tertentu[3].

Sebagian besar sistem penggerak yang ada pada alat sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)* adalah dengan sistem hidraulik. Sistem hidraulik merupakan salah satu sistem yang memanfaatkan zat cair atau fluida sebagai sumber tenaga untuk melakukan suatu gerakan mekanis tertentu. Oleh karena itu pada sistem hidraulik ini sangat diperlukan power unit untuk membuat fluida bertekanan yang nantinya fluida tersebut akan dialirkan ke sistem penggerak mekanis sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan untuk menggerakkan mekanis tersebut. Prinsip sederhana yang digunakan pada sistem hidraulik ini adalah dengan memanfaatkan konsep tekanan, dimana tekanan yang diberikan pada salah satu silinder yang ada pada sistem akan diteruskan ke silinder yang lainnya sesuai dengan hukum pascal yang berlaku. Sistem hidraulik secara sederhana dapat dijelaskan melalui **Gambar 2**.



Gambar 2. Prinsip kerja sistem hidroulik secara umum:
a) pergerakan linear; b) pergerakan rotasi.

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2(a), pergerakan linear melibatkan beberapa parameter dalam bekerja. Gaya angkat (F_2) yang lebih besar dapat dilakukan oleh gaya (F_1) yang lebih kecil selama memiliki luas penampang (A_1 dan A_2) yang saling proporsional, dengan persamaan umum yaitu $F_2 = F_1 \cdot (A_2/A_1)$, dimana F_2 adalah Gaya yang bekerja pada luas penampang 2 (Newton), F_1 adalah Gaya yang bekerja pada luas penampang 1 (Newton), A_2 adalah Luas penampang 1 (m^2), dan A_1 adalah Luas penampang 2 (m^2) [4]. Gambar 2(b) menjelaskan tentang prinsip penggunaan motor hidraulik pada se/torsi yang lebih, dengan persamaan umum yaitu $T_{motor} = T_{pompa} \cdot (V_{motor}/V_{pompa})$, dimana T_{motor} adalah torsi motor (N/m), T_{pompa} adalah torsi pompa (N/m), V_{motor} adalah volume motor (m^3), dan V_{pompa} adalah volume pompa (m^3) [5].

Proses perancangan dan simulasi untuk sistem hidraulik yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)* pada penelitian ini membutuhkan perangkat lunak yaitu *Automation Studio*

Professional Edition. Automation Studio sendiri merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk merancang serta mensimulasikan berbagai rangkaian seperti rangkaian listrik, rangkaian pneumatik, rangkaian hidraulik dan juga dapat merancang diagram *ladder* yang akan digunakan sebagai logika dalam perangkat pengendalian seperti Programmable Logic Controller (PLC). Selain itu, *Automation Studio* juga dilengkapi dengan pustaka yang memuat beberapa elemen tambahan seperti perintah dan perangkat kendali (pengontrol PID, CAN bus, dan arah-servo). Karena dilengkapi dengan fitur-fitur tersebut, maka dapat dikatakan bahwa *Automation Studio* merupakan perangkat lunak untuk desain dan simulasi rangkaian kontrol otomatis yang tepat untuk digunakan dalam merancang dan mensimulasikan sebuah sistem, salah satunya rekayasa sistem hidraulik yang bekerja pada *Cone Penetration Test (CPT)*.

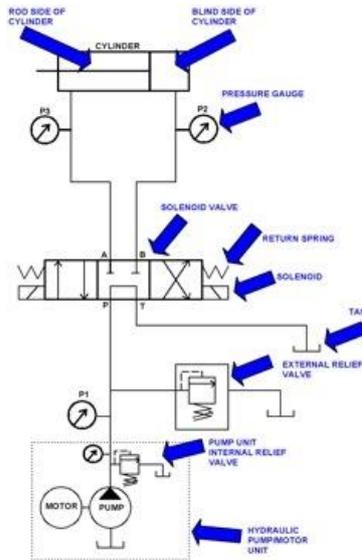
Sebagai suatu paket aplikasi yang terdiri dari berbagai macam modul didalamnya, *Automation Studio* mampu berperan sebagai pendamping alat praktek lainnya. Aplikasi ini dapat digunakan untuk merancang sistem hidraulik dan pneumatik sekaligus memvisualisasikannya dalam bentuk animasi (mensimulasikan rangkaian sistem hidraulik dan pneumatik) sehingga aliran fluida atau udara bertekanan, gerakan-gerakan dari setiap katup yang teraktuasi, dan gerakan yang dihasilkan oleh sistem (gerak dari aktuator) akan dapat terlihat dengan jelas. Melalui *Automation Studio* pada pembelajaran fisika teknik terbukti telah membantu siswa yang semula mengalami hambatan pada imajinasi gerakan-gerakan pada rangkaian sistem hidraulik dan pneumatik yang setiap peralatannya dinyatakan dengan simbol. Secara umum, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memanfaatkan aplikasi *Automation Studio* dalam pembelajaran fisika teknik, yaitu komponen-komponen yang berada di sekeliling pemanfaatan *Automation Studio* dalam pembelajaran, antara lain : 1) hardware dan infrastruktur, 2) perangkat lunak itu sendiri (dalam hal ini *Automation Studio*), 3) materi, 4) kemampuan pengajar [6].

2. Metode Penelitian

Sebelum melakukan proses perancangan dan simulasi untuk pengambilan data hasil yang maksimal dan sesuai dengan yang diinginkan, maka dalam proses perancangan perlu dilakukan sistematisasi proses kerja yang jelas dan tepat. Proses perancangan dan simulasi dimulai dengan tahap mengidentifikasi masalah yang akan dibahas dalam perancangan dan simulasi, dalam hal ini adalah prinsip kerja sistem hidraulik penggerak *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)*. Kemudian proses selanjutnya adalah melakukan studi literatur dari topik atau permasalahan yang akan dibahas dan dilanjutkan dengan studi desain atau pemodelan dari topik atau permasalahan tersebut. Setelah dilakukannya studi literatur dan studi desain atau pemodelan dilanjutkan dengan proses diskusi topik atau permasalahan yang akan dibahas dan kemudian dilanjutkan dengan perancangan sistem, dimana pada topik ini yang dibahas adalah prinsip kerja sistem hidraulik penggerak *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)*. Proses selanjutnya adalah mensimulasikan cara kerja dari sistem hidraulik penggerak *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)* lalu dilanjutkan dengan proses penganalisaan hasil dari parameter yang dijadikan topik. Tahapan terakhir dari proses perancangan dan simulasi sistem hidraulik penggerak *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)* adalah menarik kesimpulan terkait proses tersebut.

2.1. Komponen Yang Digunakan Dalam Sistem hidraulik

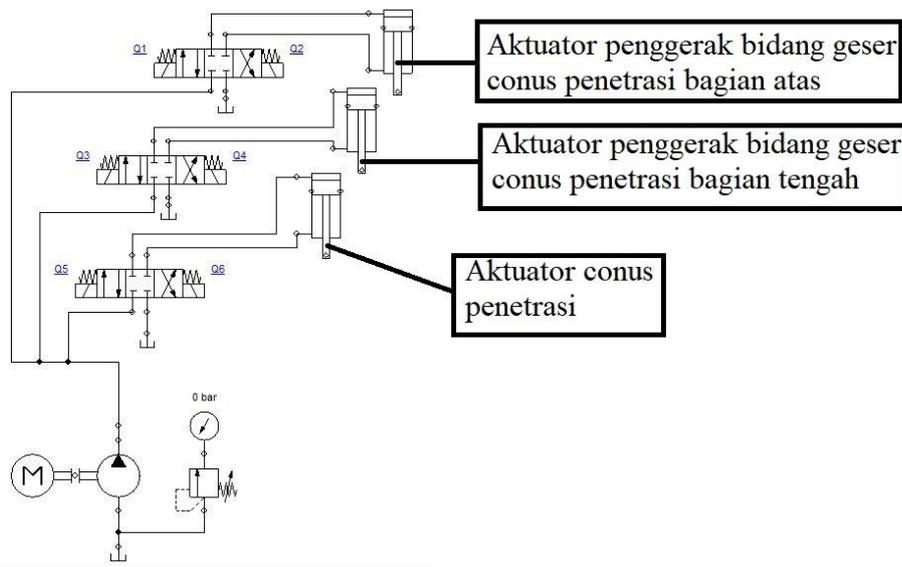
Pada sebuah sistem hidraulik memerlukan beberapa komponen penyusun diantaranya pompa hidraulik, saluran pipa, katub pengatur (*Control Valves*), tangki fluida hidraulik, filter, aktuator yang digerakan seperti silinder atau motor hidraulik, serta komponen pelengkap lainnya. Lihat **Gambar 3** untuk melihat sistem hidraulik lengkap secara umum [7].



Gambar 3. Skema sistem hidraulik secara umum.

Gambar 3 merupakan skema dari sistem hidraulik secara umum yang bekerja untuk menggerakkan silinder hidraulik. Fluida kerja yang terkumpul didalam tangki dipompa oleh pompa hidraulik sehingga memiliki tekanan spesifik tertentu. Fluida mengalir menuju katub solenoid, katub inilah yang mengatur pergerakan silinder hidraulik. Apabila menginginkan posisi silinder memanjang (*advance*) maka katub solenoid akan menuju ke kiri, sehingga fluida dapat mendorong piston ke arah maju. Apabila katub solenoid diarahkan ke kanan, maka silinder hidraulik akan mundur (*retract*). Pada saat terjadi pergerakan di silinder, maka ada sebagian fluida hidraulik yang terbuang. Fluida ini kembali ke tangki melalui jalur pipa khusus.

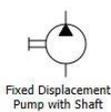
Gambar 4 merupakan rangkaian komponen yang digunakan pada sistem hidraulik untuk menggerakkan conus pada *Cone Penetration Test (CPT)*.



Gambar 4. Rangkaian komponen yang digunakan pada sistem hidraulik untuk menggerakkan conus pada Cone Penetration Test (CPT).

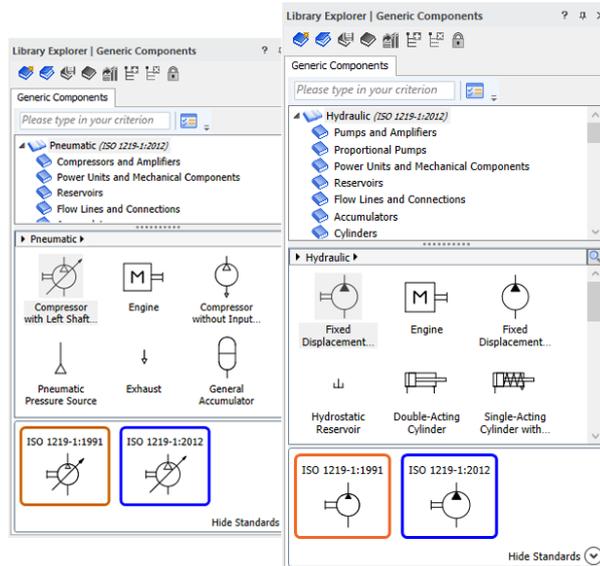
Gambar 4 menunjukkan rangkaian dari komponen yang digunakan pada sistem hidraulik untuk menggerakkan conus pada *Cone Penetration Test* (CPT), dimana Komponen-komponen yang digunakan pada sistem hidraulik untuk menggerakkan *conus* pada *Cone Penetration Test* (CPT) dipaparkan pada Tabel 1[8].

Tabel 1. Komponen yang digunakan pada sistem hidraulik penggerak *conus*.

No.	Jenis Komponen	Keterangan
1	 Fixed Displacement Pump with Shaft	<i>Pump</i> (pompa) merupakan suatu alat untuk membangkitkan aliran (memindahkan sejumlah volume) fluida dan memberikan gaya sebagaimana diperlukan. Pompa berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi hidraulik dengan cara menekan fluida hidraulik ke dalam sistem yang ada.
2	 Electric Motor	<i>Prime mover</i> (motor listrik) berfungsi sebagai komponen penggerak utama yang akan memberikan energi kinetik pada pompa
3	 Hydrostatic Reservoir	<i>Hydrostatic Reservoir</i> (tangki hidraulik) berfungsi sebagai penyimpanan fluida hidrolis untuk mengoperasikan sistem. Tangki diletakkan ditempat yang lebih tinggi dari sistem hidrolisnya, dengan begitu fluida hidrolis dalam tangki dengan gaya gravitasinya akan mengalir dan mengisi pompa motor.
4	 Double-Acting Cylinder	<i>Double Acting Cylinder</i> (silinder kerja ganda) merupakan silinder yang memiliki dua <i>port</i> untuk <i>instroke</i> dan <i>outstroke</i> . Silinder jenis ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong piston keluar dan mendorong piston untuk kembali pada posisi awal .
5	 Variable Relief Valve	<i>Pressure relief valve</i> (PRV) adalah sebuah alat instrument yang bekerja saat adanya <i>over pressure</i> pada <i>inlet nozzle</i> . Di desain untuk terbuka secara proporsional saat adanya <i>abnormal</i> (tekanan <i>over</i>) pada sebuah sistem dan akan menutup saat tekanan kembali normal.
6	 Pressure Gauge	<i>Pressure Gauge</i> adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup. Biasanya satuan dari alat ukur tekanan adalah psi (<i>pound per square inch</i>), psf (<i>pound per square foot</i>), mmHg (<i>millimeter of mercury</i>), inHg (<i>inch of mercury</i>), bar, ataupun atm (<i>atmosphere</i>).
7	 4/3-Way Valve	<i>Solenoid valve</i> merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan (<i>coil</i>). <i>Solenoid valve</i> bekerja bila kumparan mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (tegangan kerja AC adalah 100/200 VAC dan tegangan kerja DC adalah 12/24 VDC).
8	 Solenoid, DC/AC	<i>Solenoid</i> adalah perangkat elektromagnetik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerakan. Energi gerakan yang dihasilkan oleh Solenoid biasanya hanya gerakan mendorong (<i>push</i>) dan menarik (<i>pull</i>).
9	 Coil with On Delay	Coil with on delay berfungsi sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya.

2.2. Desain Diagram Rangkaian Sistem hidraulik

Perangkat lunak *Automation Studio (Professional Edition)* dapat membuat diagram rangkaian dengan cara menggunakan fitur *Library Explorer*, yang mana didalam fitur ini terdapat berbagai macam *library* atau kumpulan komponen-komponen yang bisa digunakan untuk proses perancangan dan simulasi. Lihat **Gambar 5** untuk melihat fitur *Library Explorer* yang ada pada software *Automation Studio*.

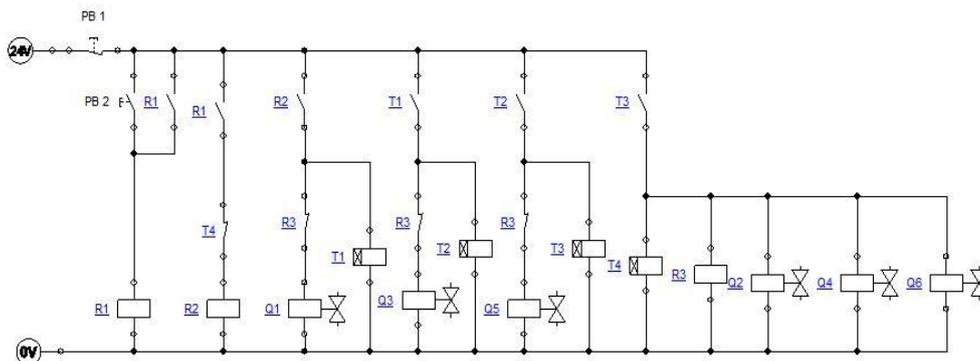


Gambar 5. Tampilan fitur library explorer.

Gambar 5 merupakan tampilan fitur *library explorer*, dimana komponen yang tersedia pada *library* dapat langsung digunakan dengan cara *men-drag* komponen yang akan digunakan menuju lembar kerja. Jika komponen yang diinginkan tidak terdapat dalam *library* seperti contohnya terdapat perbedaan pada ukuran dan tipe komponennya, maka dapat menambahkan komponen menggunakan *Component Properties* yang mana didalamnya terdapat pilihan untuk mengubah bentuk, ukuran, maupun tipe suatu komponen sesuai dengan yang diinginkan.

2.3. Desain Rangkaian Elektro-hidraulik

Proses pengontrolan sistem hidraulik untuk sistem penggerak *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)* membutuhkan rangkaian elektro didalamnya. Contoh sederhana dari sistem rangkaian elektro yang dikombinasikan dengan sistem hidraulik atau yang biasa disebut sistem elektro-hidraulik dapat dilihat pada Gambar 6.



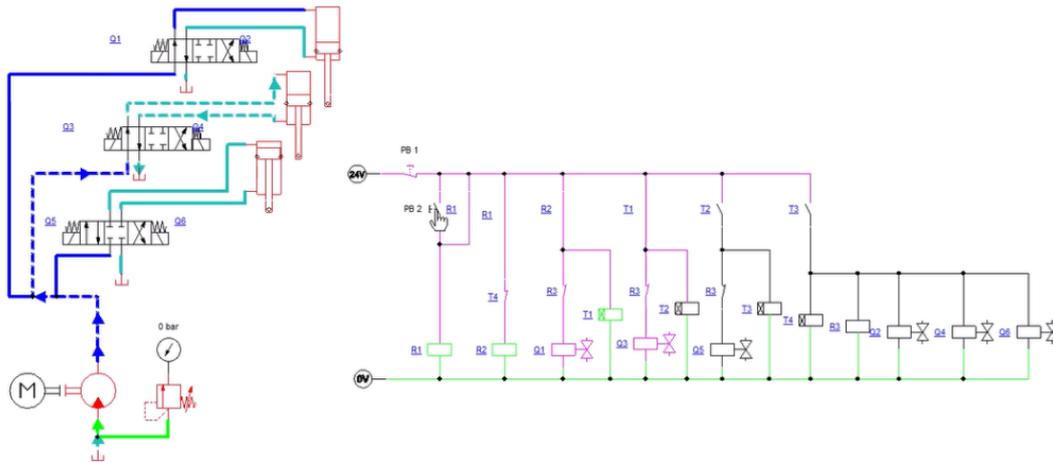
Gambar 6. Rangkaian elektro-hidraulik untuk sistem penggerak.

Gambar 6 diatas merupakan rangkaian elektro-hidraulik yang dirancang untuk sistem penggerak *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)*, dimana pada perancangan elektro-hidraulik ini menggunakan beberapa komponen seperti *Relay*, *Solenoid Valves*, serta *Time-Relay (Timer)*, komponen-komponen ini digunakan untuk mengatur

pergerakan *double acting cylinder* yang dipakai pada perancangan dan simulasi sistem hidrolik untuk penggerak *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)*.

3. Hasil dan Pembahasan

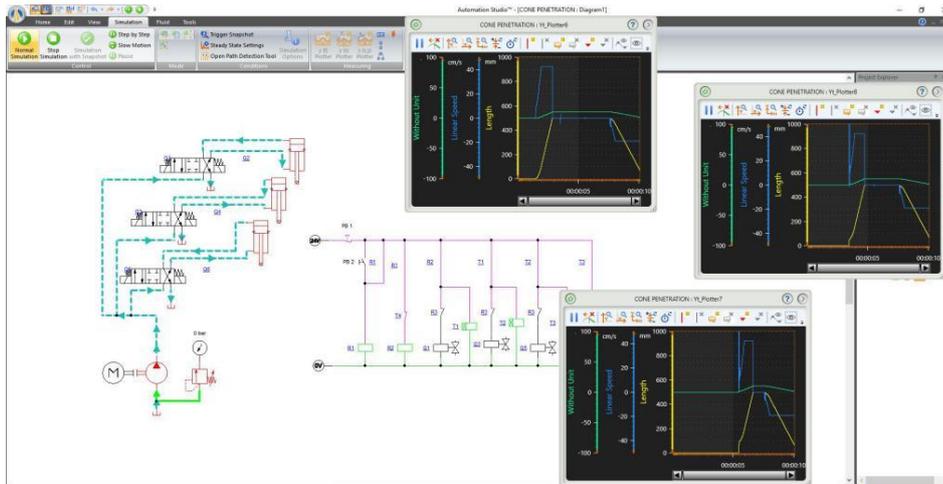
Pada *Cone Penetration Test (CPT)*, bagian utama yang menggunakan sistem hidrolik adalah pada bagian batang *conus* untuk penetrasi. *Conus* sendiri digerakkan dengan tiga buah silinder aksi ganda (*Double Acting Cylinder*), dimana rangkaian elektroniknya menggunakan empat buah timer dan tiga buah relay. Berikut ini rangkaian hidrolik serta elektro-hidrolik dari sistem hidrolik untuk penggerak *conus* pada *Cone Penetration Test (CPT)*. Lihat detail penjelasan pada **Gambar 7**.



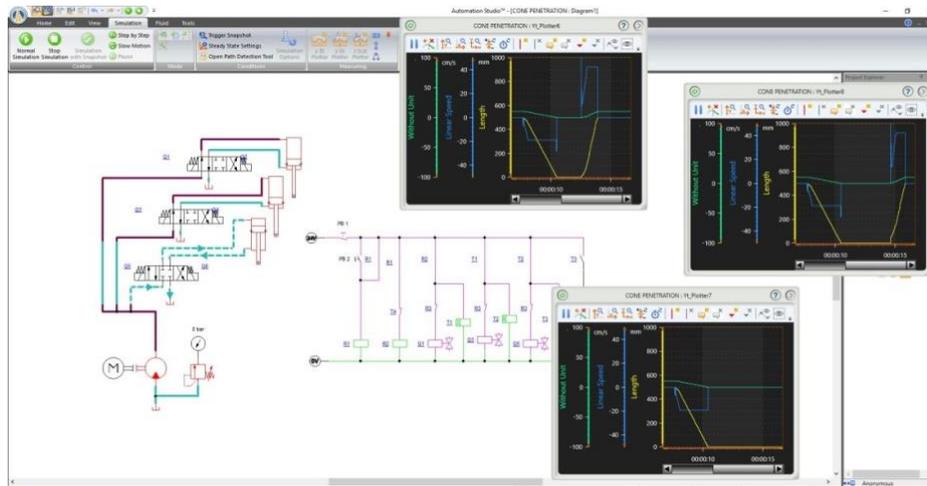
Gambar 7. Perancangan sistem hidrolik untuk sistem penggerak *conus*.

3.1. Hasil Simulasi & Parameter Sistem

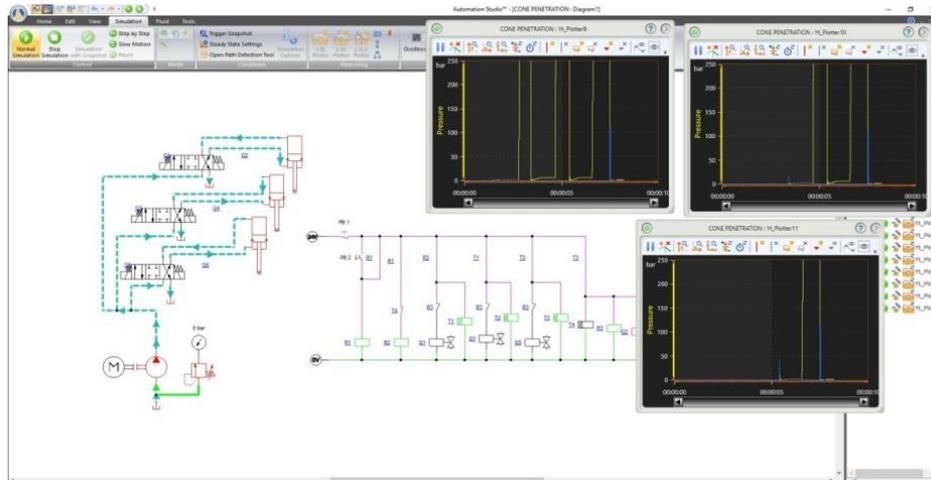
Setelah melakukan perancangan sistem hidrolik serta elektro-hidrolik untuk sistem penggerak *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)* tahapan selanjutnya adalah melakukan simulasi sistem hidrolik serta elektro-hidrolik tersebut. Ada beberapa parameter sistem pada simulasi ini diantaranya adalah *linear position*, *linear speed*, *output signal position*, *piston side pressure* dan *rod side pressure* dari ketiga silinder yang ada pada rangkaian sistem hidrolik untuk sistem penggerak *conus* tersebut. Untuk menampilkan hasil simulasi kita menggunakan fitur plotter [9]. **Gambar 8** menunjukkan hasil dari simulasi dari perancangan sistem yang dibuat. Simulasi dibagi menjadi 3 kriteria, pertama adalah menggunakan parameter *linear position*, *linear speed*, *output signal position* selama 0-10 detik (seperti ditunjukkan **Gambar 8**), kedua adalah menggunakan parameter *linear position*, *linear speed*, *output signal position* selama 10-15 detik (seperti ditunjukkan **Gambar 9**), dan ketiga adalah menggunakan parameter *piston side pressure* dan *rod side pressure* (seperti ditunjukkan **Gambar 10**).



Gambar 8. Hasil simulasi dengan parameter *linear position*, *linear speed* dan *output signal position* selama 0-10 detik.



Gambar 9. Hasil simulasi dengan parameter *linear position*, *linear speed* dan *output signal position* selama 10-15 detik.



Gambar 10. Hasil simulasi dengan *piston side pressure* dan *rod side pressure*.

Hasil simulasi dari parameter *linear position*, *linear speed* serta *output signal position* cukup stabil dan konstan untuk ketigasilinder yang digunakan, untuk parameter pertama yaitu *linear position* pada waktu 0-10 detik berkisar 0-500 mm, sedangkan untuk parameter *linear speed* pada waktu 0-10 detik berkisar dari 500-550 cm/s dan untuk parameter *output signal position* pada waktu 0-10 detik berkisar dari 500 mm lalu naik ke angka 900 mm pada detik ke 3 dan kembali stabil pada angka 500 sampai dengan detik ke 8 dan detik 9-10 berada pada angka 300 mm. *Piston side pressure* dan *rod side pressure* dari ketiga silinder yang mana pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa bagian berwarna kuning menunjukkan hasil dari *piston side pressure* pada waktu 0-10 detik yang memiliki rata-rata terendah berkisar dari 0-10 bar dan untuk rata-rata tertinggi berkisar dari 5-250 bar, sedangkan untuk *rod side pressure* ditunjukkan dengan warna biru menampilkan hasil pada waktu 0-7 detik memiliki angka sebesar 0 bar dan pada waktu 7.5 detik mencapai puncak maksimalnya sebesar 125 bar dan pada waktu 8-10 detik kembali lagi ke angka 0 bar. Untuk semua data hasil simulasi dari beberap parameter yang ditampilkan ini hasil yang didapat bersifat stabil dan kontinu.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan simulasi sistem hidraulik untuk sistem penggerak *conus* pada *Cone Penetration Test (CPT)* dapat disimpulkan bahwa penggunaan perangkat lunak *Automation Studio* sangat mempermudah proses perancangan dan simulasi dalam berbagai sistem terutama sistem hidraulik yang digunakan untuk menggerakkan *conus* yang ada pada *Cone Penetration Test (CPT)*. Perangkat lunak ini dapat dengan sangat mudah membuat mensimulasi pergerakan dari silinder untuk menggerakkan *conus* tersebut dalam proses penetrasi tanah. Terdapat beberapa parameter yang dapat dilihat melalui grafik untuk menampilkan hasil hanya dengan menggunakan fitur *plotter*. Hasil simulasi dari parameter *linear position*, *linear speed* serta *output signal position* cukup stabil dan konstan untuk ketigasilinder yang digunakan, untuk parameter pertama yaitu *linear position* pada waktu 0-10 detik berkisar 0-500 mm, sedangkan untuk parameter *linear speed* pada waktu 0-10 detik berkisar dari 500-550 cm/s dan untuk parameter *output signal position* pada waktu 0-10 detik berkisar dari 500 mm lalu naik ke angka 900 mm pada detik ke 3 dan kembali stabil pada angka 500 sampai dengan detik ke 8 dan detik 9-10 berada pada angka 300 mm.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah mengizinkan kami untuk kerja

praktek, selain itu kami berterima kasih pula dengan para anggota di kelompok penelitian otomasi industri yang turut memberikan motivasi dan membimbing.

Referensi

- [1] Das, B.M., Principles of Geotechnical Engineering 7th Edition (terjemahan), U.S, 2010.
- [2] Pagan Geotechnical Equipment, "TG73-200 Static-Dinamic Penetrometer" [Online]. [Accessed: Oct, 4, 2019].
- [3] Hari Dwi Wahyudi, Dina Mutia, "Interpretasi hasil uji penetrasi kerucut statis (cone penetration test/cpt/sondir) di kawasan bandar udara fatmawati soekarno, Bengkulu", Universitas Widya Dharma ,November, 2018.
- [4] Muhammad Jafar Shiddiq, "Prinsip Dasar Sistem hidraulik (Hydraulics)," April, 2019. [Online]. Available : <https://siddix.blogspot.com/2019/04/prinsip-dasar-sistem-hidrolik-hydraulics.html> [Accessed Oct, 14, 2019].
- [5] Muhammad Jafar Shiddiq, "Prinsip Dasar Sistem hidraulik (Hydraulics)," April, 2019. [Online]. Available : <https://siddix.blogspot.com/2019/04/prinsip-dasar-sistem-hidrolik-hydraulics.html> [Accessed Oct, 14, 2019].
- [6] Adi Dewanto, Dessy Irmawati, "Pembelajaran Sistem Hidrolik dan Pneumatik dengan menggunakan *Automation Studio*", Universitas Negeri Yogyakarta, Mei, 2013.
- [7] Muhammad Jafar Shiddiq, "Prinsip Dasar Sistem hidraulik (Hydraulics)," April, 2019. [Online]. Available : <https://siddix.blogspot.com/2019/04/prinsip-dasar-sistem-hidrolik-hydraulics.html> [Accessed Oct, 14, 2019].
- [8] Amrie Muchta, "8 Komponen Utama Sistem hidraulik beserta Fungsinya" July,23,2018 [Online] Available : <https://www.autoexpose.org/2018/07/komponen-sistem-hidrolik.html> [Accessed Oct, 10, 2019]
- [9] Famic Technologies Inc, "Automation Studio P6 Professional Edition" [Online]. Available: https://www.famictech.com/downloads/movies/Hydraulic-diagram-part4-plotter/Hydraulic-diagram-part4-plotter_player.html [Accessed: Oct, 4, 2019].